LA

PICCOLA FISICA

DI

GIOVANNI LUVINI

PROFESSORE DI FISICA NELLA R. MILITARE ACCADEMIA

Prezzo L. 1·40

TORINO, 1869
TIPOGRAFIA ARNALDI, VIA S. AGOSTINO, 6

Vendibile presso la Libreria G. B. PARAVIA e Comp.

TORINO	MILANO	FIRENZE
Via Doragrossa N. 23	Galleria De-Cristof. N. 16 e 17	Via Ghibellina N. 110

TAVOLE DI LOGARITMI

A SETTE DECIMALI

DI

GIOVANNI LUVINI

Queste *Tavole*, molto più estese che quelle di Lalande, e molto più corrette e comode nelle applicazioni, sono comprese in un volume della mole delle *Tavole* di Lalande, e si vendono a minor prezzo (lire 3·60). Il loro uso comincia ad estendersi in Inghilterra (libraio TRÜBNER, Londra, 60, *Paternoster row*), e specialmente in Francia (libraio EUGÈNE LACROIX, Parigi, *Quai Malaquais*, 15), ove sono forse più conosciute che in Italia, e preferite a quelle di Lalande e a tante altre.

La stampa scientifica periodica di tutti i paesi ne parlò assai favorevolmente. Ecco, tra gli altri, come ne discorre l'abbate Moigno nel suo giornale *Les Mondes* (tomo XI, pag. 431, an. 1866) (la traduzione francese delle tavole, di cui si ragiona, è stata fatta dall'abbate Raillard coll'assistenza dell'abbate Moigno): «....Nous « pensons que le but de l'auteur a été atteint. Il a exécuté son « travail avec le concours de deux de ses élèves, Mlles Julie et « Claire Nicola, lesquelles, avec une patience plus admirable qu'imi- « table, ont calculé toutes les différences logarithmiques et leurs « parties proportionnelles dans la table des logarithmes des nom- « bres, et les différences corrispondantes à 1″ dans toute l'étendue « des tables trigonométriques; elles ont aussi soigné la correction de « l'ouvrage tout entier, en confrontant les nombres avec ceux des « tables les plus accréditées que l'on possède. Elles ont reconnu « que, parmi les tables dont elles se sont servies, celles qui méritent « le plus de confiance sont celles de Vega, publiées par Bremiker à « Berlin; celles de Köler, de Dupuis et de Callet, dernière édition « (1862); on y a tenu compte des erreurs découvertes dans les « anciennes tables, tandis que les éditions antérieures de Callet, « les tables de Lalande à sept décimales, les *Mathématical tables*

LA

PICCOLA FISICA

PER LE SCUOLE

ELEMENTARI MASCHILI E FEMMINILI

DI

GIOVANNI LUVINI

PROFESSORE DI FISICA NELLA R. MILITARE ACCADEMIA

TORINO, 1869

TIPOGRAFIA ARNALDI, VIA S. AGOSTINO, 6

Vendibile presso il libraio G. B. Paravia e Comp.

TORINO	MILANO	FIRENZE
Via Doragrossa N. 23	Galleria De-Cristoforis N. 16 e 17	Via Ghibellina N. 110

PROPRIETÀ LETTERARIA

Le copie non portanti la seguente firma dell'Autore saranno ritenute come contraffatte.

G. Luvini

AI MAESTRI ED ALLE MAESTRE

DELLE SCUOLE ELEMENTARI

Il presente libriccino non costituisce un trattatello di fisica elementare metodicamente ordinato giusta le teorie de' dotti, e l'uso comune. In esso non si parla delle proprietà generali dei corpi, nè delle qualità di tanti fluidi, che i fisici idearono per la spiegazione dei fatti. Ragionando di queste cose avrei creduto di mancare al mio scopo, come credo vi abbia mancato la massima parte di coloro, che scrissero in lingua italiana o straniera de' trattati, che portano il pomposo titolo di fisica popolare.

Io ritengo fermamente, e molti opineranno con me, che non coll'enunciato di definizioni, coll'esposizione di filosofici risultati o con iscolastiche distinzioni si allettino allo studio i giovani, che non hanno ancora raggiunto il terzo lustro, nè gli adulti non ancora educati ai ragionamenti scientifici.

Cominciate le vostre letture colle definizioni inintelligibili, se non impossibili, della materia, del corpo, della porosità, dell'impenetrabilità e simili, e voi disavvezzerete fin da principio la maggioranza dei vostri allievi dal porgervi quell'attenzione, che è fattrice di reale profitto.

Le definizioni, le distinzioni, la filosofia de' fatti sono adatto e gradito pascolo di pochi prediletti dalla

natura, e tema di scuole superiori. Il popolo vuol cose, che appariscano ai sensi, risultati, che allettino per la loro bellezza, o destino la curiosità per utili applicazioni. Nè conviene esporgli questi risultati senza una ragionevole misura. L'affastellamento di troppe cose, ancorchè belle, facilmente lo stanca e lo annoia. Adeschiamolo colla chiara esposizione dei pochi fatti più saglienti e delle più importanti applicazioni della scienza, ed egli attirato dal *soave licor*, che asperge gli orli del vaso, s'invoglierà forse di bere a più larghi sorsi in opere di maggior mole i suchi meno soavi della filosofia della scienza.

Con questo scopo ho io pubblicato il presente libriccino, destinandolo più specialmente agli allievi delle scuole elementari. La lettura di esso però, sono persuaso, riuscirà pure utile e dilettevole alla numerosa classe di tutti coloro, che non avendo seguitato i corsi tecnici, liceali od universitari, non hanno della fisica alcun concetto, o peggio ancora, ne hanno uno così inadeguato o falso, che la confondono colla ciurmeria degli astrologhi e de' negromanti, e nella loro ignoranza si lasciano accalappiare dai costoro successori, che sono i magnetizzatori e gli spiritisti, vergogna del genere umano.

In questo senso io credo che i maestri e le maestre delle scuole elementari non faranno opera disdicevole alla loro missione, raccomandando caldamente alle popolazioni dei borghi e delle città, ove sono chiamati ad insegnare, la lettura della *Piccola Fisica*.

CAPO I.

DELLA PNEUMATICA

ossia

DELLA PARTE DELLA FISICA CHE TRATTA DELL'ARIA E DE' GAS

§ 1. *Del modo con cui si possono trattare e studiare i gas.*

1. **I tre stati de' corpi.** — Che cosa è l'aria? Che cosa è un gas? L'aria è da noi respirata, noi ci moviamo in essa, senza di essa non possiamo vivere; eppure quanti di noi hanno il giusto concetto di ciò che sia l'aria? Tra i molteplici gas havvene uno che serve all'illuminazione delle città. Quanti si curano di sapere come il medesimo si prepari, si raccolga e s'incanali ne' tubi di distribuzione? Su via, scacciamo da noi questo po' d'inerzia, e procuriamo una buona volta di conoscere un tantin più da vicino le cose che ci stanno d'intorno.

Se io alzo la mano e l'agito qua e là, sento qualche cosa d'invisibile, che la lambisce e la tocca; e più l'agito fortemente, più questa sensazione si fa palese. Se corro in un'aria tranquilla, sento questa farmisi incontro sotto l'aspetto d'un venticello; e camminando su di una ferrovia colla velocità della locomotiva, s'incontra in ogni dove un forte vento, che respinge indietro i panni dei viaggiatori e gli oggetti che si lasciano dalla vettura cadere.

Provate ad agitare la mano nell'acqua, od a camminare in essa, quando la vi salga anche solo a mezza gamba. Io suppongo quell'acqua stagnante; eppure essa farà su di voi lo stesso effetto come se la fosse in moto e corresse in direzione contraria a quella secondo cui si fa il vostro movimento.

L'aria è qualche cosa di materiale, come l'acqua, e può, come questa, essere in riposo od in movimento. Una corrente di acqua prende il nome di rio, canale, fiume, ecc.; una corrente d'aria prende il nome di vento, cosicchè il vento non è che l'aria in moto.

Se l'aria, movendosi, viene ad urtare un corpo, lo colpisce, e, giusta la sua velocità, produce su di esso quell'effetto precisamente, che si manifesta nell'urto di corpi qualunque. Così con un soffio voi vi sbarazzate della polvere e de' minuzzoli, che ingombrano il vostro tavolino; con un mantice sparpagliate la cenere ed i carboni sul focolare; il vento, a seconda della varia sua energia, agita i rami delle piante, spinge le vele in mare, atterra le annose quercie, e trasporta i tetti delle case.

Ritenete adunque, che l'aria è cosa materiale; è un corpo. Essa non differisce dai corpi, che siamo soliti a considerare come tali, se non nella forma e nel modo di essere.

L'aria non è il solo corpo che abbia questa forma particolare. Quel fumo, che tante volte avete veduto sorgere dall'acqua calda, e cui dicono vapore acqueo, sollevandosi nell'aria diventa invisibile, ma pur sempre esiste, e differisce essenzialmente dall'aria. Esso è vera acqua ridotta alla forma dell'aria. Tutti i corpi che hanno questa forma diconsi gas, o corpi aeriformi o gassosi. L'aria stessa è un gas.

I corpi si presentano a noi sotto tre forme differenti: essi possono essere solidi, come le pietre, i mattoni, le terre, il legno, la lana, ecc.; liquidi, come l'acqua, l'olio, il vino, ecc.; gassosi od aeriformi, come l'aria, il vapore acqueo, il gas che serve per l'illuminazione, ecc. Molti corpi, variando la temperatura, ossia il grado di caldo o di freddo, possono successivamente presen-

tarsi a noi sotto queste tre forme differenti, o come dicono, nei tre stati di aggregazione. Così l'acqua alla temperatura ordinaria è liquida; nell'inverno diventa solida, o ghiaccio; riscaldata, passa allo stato aeriforme.

Lasciate per lungo tempo un vaso d'acqua all'aria libera, o meglio, fatelo riscaldare; poco per volta l'acqua si evapora, passando allo stato aeriforme, ed il vaso finisce con restar vuoto. Non crediate già che la materia componente quell'acqua siasi distrutta, abbia cessato di esistere. In natura non una particella di materia si può distrurre, non una particella creare, richiedendo l'una e l'altra di queste due cose una potenza infinita. Quel vapore raffreddandosi torna a convertirsi in acqua, e ne riproduce quella quantità precisamente, che alcuno avrebbe per avventura potuto credere per sempre perduta. Verificasi questa cosa appuntino nel lambicco, il quale consiste in due vasi qualunque A, B (*figura* 1) ben chiusi, e comunicanti fra loro per mezzo di un tubo C. Il vapore dell'acqua riscaldata in A passa in B, ove si liquefa di nuovo a cagione del freddo generato dal ghiaccio, che circonda questo secondo vaso. Colla forza del calore travasiamo così l'acqua di A in B, ed otteniamo l'acqua distillata, cioè più pura e priva de' sali, ch'essa poteva contenere in soluzione, e che non evaporandosi con essa, rimangono allo stato di solidità sul fondo del primo vaso.

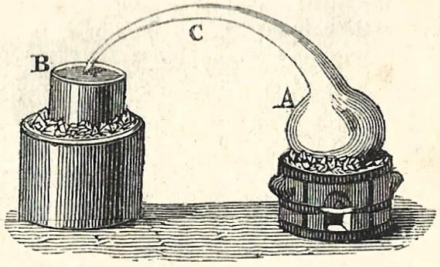


Figura 1

2. **Presa d'aria.** — Nel linguaggio ordinario un bicchiere vuoto, un fiasco vuoto sono un bicchiere ed un fiasco pieni d'aria. Pel fisico il vuoto esclude anche l'aria e qualunque gas.

Volete riempire un fiasco dell'aria che si trova in un luogo determinato, per esempio in una caverna, o, se preferite, sopra un'alta montagna? Andate colà col fiasco

pieno d'acqua, o di mercurio, o d'altro liquido, versate via il liquido, turate bene il fiasco, e portatelo ove volete, che l'avrete pieno dell'aria di quel sito.

3. **Aria imprigionata sott'acqua.** — Provate ad immergere capovolto nell'acqua un bicchiere pieno di aria; fatelo pure discendere giù tanto che volete; l'aria non esce dal bicchiere, nè l'acqua può riempirlo. Se fate un po' di attenzione nell'eseguire questa sperienza, facilmente conoscerete, che l'acqua penetra nella parte inferiore del bicchiere più o meno considerevolmente, a seconda del grado d'immersione, e l'aria occupa sempre la parte superiore del bicchiere, come se fosse spinta all'insù contro il fondo di esso, e dove c'è l'aria non c'è l'acqua. Questa sperienza si rende più elegante ponendo sull'acqua un lume acceso, che vi galleggi, e coprendolo con una campana di vetro capovolta. Facendo immergere così la campana, il lume discende con essa e sta acceso sott'acqua, come mostra la figura 2.

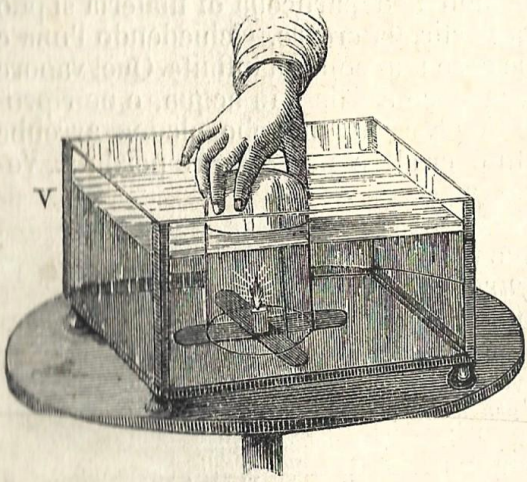


Figura 2

Se invece di una campanella si adopera una grande campana capace di una o più persone, e la si fa discendere con entro le persone sotto l'acqua d'un fiume, d'un lago, del mare, come nell'aria inchiusavi si alimenta un lume, così pure mantiensi la respirazione, e le persone immerse così sott'acqua non solo vivono, ma possono ancora lavorare. Su questo principio è fondata l'arte de' palombari o marangoni, che discendono sott'acqua per ripescare le cose perdute, o per qualunque

lavoro. Invece di una grande campana, suolsi circondare il capo del palombaro d'un inviluppo impermeabile all'acqua, capace di poc'aria respirabile, la quale si spinge con una macchina a compressione dal di fuori entro l'inviluppo per mezzo di un tubo flessibile, cosicchè l'operaio è libero nei suoi moti sott'acqua, e riceve continuamente nuov'aria respirabile.

Tornando al bicchiere immerso capovolto nell'acqua, se noi, mentr'egli è tutto immerso, lo incliniamo poco a poco fino a coricarlo orizzontalmente, si vedrà l'aria uscirne, e penetrarvi l'acqua, che lo riempierà.

4. **Alcune proprietà dell'aria.** — Queste sperienze provano più cose, ma specialmente ci dimostrano: 1° che l'aria è un corpo impenetrabile, cioè che occupa un posto, nel quale non può simultaneamente stare un altro corpo; 2° che l'aria è più leggiera che l'acqua, poichè abbandonata a sè sotto di questa, sale in alto, come farebbe un pezzo di sughero od un altro corpo qualunque più leggiero che l'acqua; 3° che l'aria è un corpo comprimibile; invero a misura che il bicchiere s'immerge, il volume dell'aria dentr'esso diminuisce, essendo questa con crescente energia spinta in su dall'acqua contro il fondo del bicchiere.

5. **Acqua in bicchiere capovolto.** — Ecco un bicchiere tenuto sott'acqua e pieno di essa. Comunque lo si tenga, diritto, inclinato o capovolto, finchè rimane sott'acqua, egli n'è sempre pieno. Senza estrarnelo, volgiamolo coll'apertura in giù, e tiriamolo su lentamente nell'acqua (tenendolo sempre capovolto) in modo ch'egli venga a sporgere in parte fuori di essa; anzi solleviamolo tanto, che appena resti nell'acqua l'apertura sua, ed il resto sia tutto fuori. Si osserverà, che l'acqua non discenderà punto nel bicchiere, il quale continua ad esserne pieno. Ma ove lo si sollevi tanto, che anche una sola porzioncella dell'orlo suo esca dall'acqua, subito cade tutta l'acqua dal bicchiere, e v'entra in sua vece l'aria.

6. **Travasamento de' gas.** — Trattasi di far passare un gas da un recipiente in un altro; per esempio, si

vorrebbe far passare l'aria dal fiasco, di cui si parlò nell'art. 2, in un altro fiasco. Ecco come suolsi procedere per questa bisogna. Il vaso B (*figura* 3), in cui deve passare il gas, s'immerge in un recipiente V pieno di acqua, in modo ch'ei si riempia di questa, e tiensi così immerso e capovolto. Portasi in seguito nel medesimo recipiente il vaso A contenente il gas da travasare, ed immergesi capovolto nell'acqua accanto all'altro vaso. Essendo ambo i vasi aperti inferiormente, se incliniamo lentamente il vaso A, tenendo la sua bocca sotto quella del vaso B, l'aria esce dal primo, e sale in bolle visibili a traverso all'acqua nel secondo, nel quale, a misura che entravi l'aria, va deprimendosi il livello dell'acqua. Chiudasi allora colla mano o con un turacciolo l'apertura del vaso B, e l'operazione è finita.

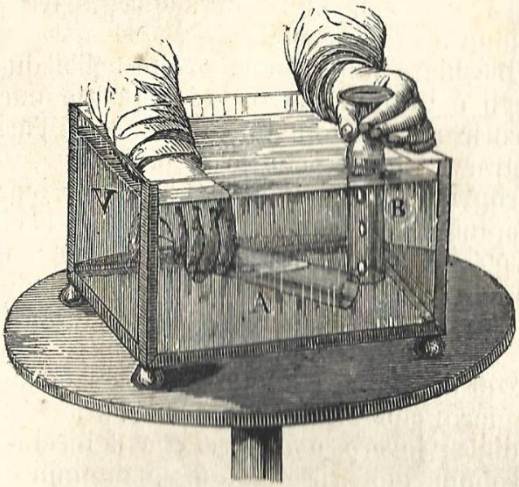


Figura 3

Può questa sperienza farsi assai facilmente con due bicchieri in un secchio d'acqua.

7. **Modo di raccogliere i gas.** — Supponiamo, che dai materiali contenuti nel fiasco A (*figura* 4) si sviluppi un gas, il quale si voglia raccogliere. Si adatta ermeticamente (cioè in modo che pel tratto d'unione del collo col tubo non possa sfuggire il gas) al collo del fiasco un tubo B piegato in forma di Z, di cui un'estremità va a pescare nell'acqua contenuta in un vaso C. Su quest'acqua medesima si capovolge pieno

d'acqua il vaso D, di maniera che l'apertura del tubo B resti sotto al medesimo. Il gas generato nel fiasco A passa pel tubo B, attraversa l'acqua dei vasi C e D, e si porta nella parte superiore di quest'ultimo, facendo abbassare in esso il livello dell'acqua.

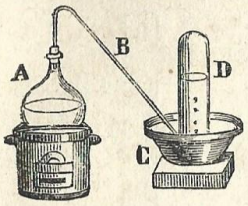


Figura 4

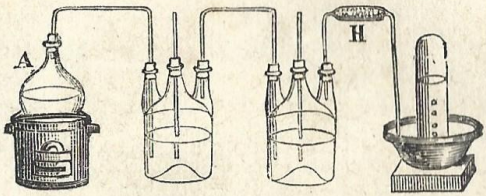


Figura 5

Occorre frequentemente di dover lavare o purgare i gas ottenuti. Per tale scopo suolsi adoperare un apparecchio eguale od analogo a quello, che è rappresentato nella figura 5. Il gas, che esce di A, prima di raggiungere il vaso, in cui si raccoglie, od il sito, in cui esso si adopera, è obbligato a percorrere una serie di tubi, attraversando liquidi o materiali qualunque (come in H), acconci al suo lavamento ed alla sua purgazione.

Allorchè trattasi di raccogliere gas, che sciolgonsi o si alterano nell'acqua, si sostituisce a questa del mercurio, od altro liquido.

8. **Gasometro.** — Il gasometro è un apparecchio che serve a raccogliere i gas, a travasarli ed anche incanalarli in tubi. La figura 6 rappresenta uno dei grandi gasometri delle fabbriche da gas per l'illuminazione. Entro una gran vasca cilindrica piena d'acqua (della capacità di più centinaia di metri cubi), scavata nel suolo e colle pareti rivestite di conveniente intonaco, si fa discendere capovolto un gran vaso cilindrico, nel cui fondo essendo un forellino, l'acqua della vasca penetra nel vaso a misura che questo vi si immerge, e l'aria ne esce di sopra. Riempiuto che sia intieramente di acqua il vaso, si chiude il forellino del fondo e si ha il gasometro preparato. Un gas, che si sviluppi da

una sorgente qualunque, può, per un tubo, essere condotto sotto il recipiente capovolto, e salendo per la sua leggerezza nell'acqua, rimane rinchiuso nel recipiente stesso. Volendo poi servirci del gas, si chiude il tubo d'ingresso, e se ne apre un altro di uscita, ed il gas per la pressione stessa del recipiente è cacciato in questo

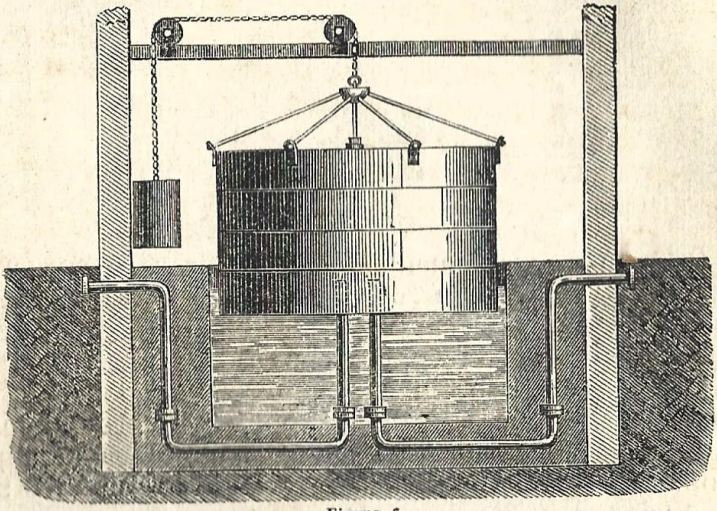


Figura 6

secondo tubo, d'onde si può raccogliere, o ad arbitrio lasciarlo correre pei tubi, che si diramano nella città.

§ 2. *Del peso dell'aria e de' gas.*

9. **Peso dell'aria** — Aristotele, Cardano, Benedetti e pochi altri ebbero già ne' secoli andati un concetto più o meno adeguato del peso dell'aria; ma il primo, che abbia messo fuori di dubbio con una sperienza irrefutabile, che l'aria pesa, fu Galileo Galilei, il quale dimostrò col fatto, che un fiasco pieno d'aria condensatavi colla pressione dell'acqua, o con uno schizzatoio, al modo con cui la si condensa da' giuocatori nel pallone, pesa più che il medesimo fiasco pieno d'aria non tanto condensata. Fatte colla bilancia le occorrenti

determinazioni, ei giudicò che l'aria ordinaria, di cui egli si servì, pesa circa un quattrocentesimo di ciò che pesa l'acqua a pari volume. Questo risultato è erroneo, nè avrebbe forse Galileo potuto trovarne uno migliore coi mezzi di cui egli disponeva.

La densità dell'aria, e per conseguenza il peso di un determinato volume di essa, dipende dalla pressione, sotto cui essa è tenuta, e dalla temperatura, ossia dal grado di caldo o di freddo, a cui si trova esposta. I fisici moderni dimostrarono rigorosamente, che alla temperatura di zero gradi e sotto la pressione media, alla quale essa si trova al livello del mare, l'aria pesa la settecensettantesima parte di ciò che pesa l'acqua ad egual volume. Un metro cubo d'acqua pesa 1000 chilogrammi; dunque un metro cubo d'aria nelle dette condizioni pesa un chilogrammo e tre ettogrammi circa; un litro un grammo e tre decagrammi.

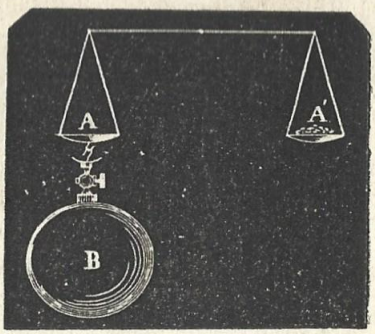


Figura 7.

Si arriva a questo risultato colla seguente sperienza. Col mezzo della macchina pneumatica, che descriverò in seguito, si estrae l'aria da un matraccio di vetro B (*figura* 7), o per meglio dire, si rarefà in esso l'aria fino ad una misura nota. Si appende allora il matraccio ad un piatto A di una bilancia, mentre sull'altro piatto A' si mettono i pesi che lo equilibrano. Ciò fatto, se apresi la chiavetta di cui il matraccio è unito, dando adito in esso all'aria esterna, od all'aria contenuta in un gasometro, col quale il matraccio si fa comunicare, il matraccio coll'aria venutavi in soprappiù acquista maggior peso, fa traboccare la bilancia dal lato suo, e dai pesi che occorre di aggiungere in A' per restituire questa all'equilibrio di prima, si giudica del peso dell'aria introdottasi nel matraccio. Ora essendo nota la capacità di questo, riescirà facile di dedurre il peso dell'aria in confronto di quello dell'acqua.

10. **Peso dei gas.** — Tutti i gas pesano, come fa l'aria, ma non egualmente. Ciò si prova colla sperienza testè descritta, facendo passare dal gasometro nel matraccio il gas, di cui si cerca il peso, invece dell'aria. Con isperienze di questo genere si trova ad esempio, che a zero gradi e sotto la pressione media a cui si trova l'aria al livello del mare, a parità di volume,

L'aria pesando	1·000
Il gas idrogeno pesa	0·069
Il gas azoto	0·971
Il gas ossigeno	1·106
Il gas acido carbonico	1·529
Il gas acido solforoso	2·234
Il gas cloro	2·470

Come si vede il gas idrogeno pesa solo 69 millesimi, ossia circa un quattordicesimo di ciò che pesa l'aria. Egli è il più leggiero di tutti i gas conosciuti, e per questa sua qualità egli è utilmente impiegato nell'aeronautica.

§ 3. *Della pressione dell'aria.*

11. **L'aria preme sui corpi sui quali si appoggia.** — Egli è chiaro che l'aria, avendo peso, deve gravitare sui corpi sui quali si appoggia, ed esercitare su di essi una pressione tanto maggiore, quanto essa è più densa e quanto è più elevata la colonna atmosferica, che sta sui medesimi. Un effetto di questa pressione si manifesta nella seguente sperienza.

12. **Ascensione dell'acqua nel vuoto.** — Entro un tubo aperto alle due estremità è scorrevole uno stantuffo, che lo chiude esattamente in modo, che tra lo stantuffo stesso e le pareti del tubo non può passare l'aria. S'immerga verticalmente il tubo per la sua estremità inferiore nell'acqua di un vaso (*figura 8*), dopo di avere spinto fino a questa estremità lo stantuffo. Tirando allora lo stantuffo in su, l'acqua sale nel tubo

dietro di esso. Su questo principio sono fondate le trombe aspiranti per sollevare l'acqua.

Egli è chiaro, che se l'acqua non salisse nel tubo dietro allo stantuffo, tra questo e l'acqua rimarrebbe il vuoto, non potendo in nessun modo l'aria avervi accesso. L'acqua del vaso, premuta dall'aria fuori del tubo e non dentro, è spinta su nel vuoto dietro allo stantuffo in virtù di quella pressione. Ma la colonna acquea sollevata nel tubo sopra il livello esterno gravita pure in giù col suo peso, e se tirasi lo stantuffo in su oltre all'altezza, a cui la colonna acquea sollevata fa col suo peso equilibrio alla pressione esterna dell'aria, per quanto vada in su lo stantuffo, l'acqua al di là di quel limite nol seguirà più e rimarrà sopra di essa il vuoto.

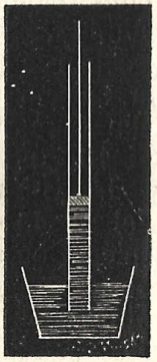


Figura 8

Fatta la sperienza con un tubo abbastanza lungo, trovasi che l'acqua sale nel vuoto al modo spiegato fino all'altezza di circa dieci metri. Quindi possiamo conchiudere, che sul suolo una colonna d'aria atmosferica, alta quant'è l'atmosfera, preme come vi premerebbe una colonna d'acqua di egual base ed alta dieci metri circa.

Ciò dà la ragione del sollevamento dell'acqua nel bicchiere capovolto, di cui nell'art. 5, pagina 9. Se quel bicchiere fosse lungo indefinitamente, tirandolo su fuori dell'acqua, si vedrebbe questa sollevarsi fin verso i dieci metri di altezza, e poi quivi arrestarsi per quanto si volesse tirar su oltre il bicchiere. Anzi se quel bicchiere lungo 12 o 15 metri si riempisse d'acqua, e chiusolo colla mano si capovolgesse sull'acqua di un vaso in modo che la sua apertura fosse tutta sotto di questa, l'acqua starebbe nel bicchiere sollevata per tutta l'altezza di esso finchè si tiene ivi rinchiusa colla mano, ma tolta questa, l'acqua discenderebbe nel bicchiere, arrestandosi a circa 10 metri di altezza sopra l'acqua del vaso, e lasciando sopra un vuoto.

13. **Orrore della natura pel vuoto.** — Gli antichi

già conoscevano il fatto dell'ascensione dell'acqua nel vuoto, e dietro tale cognizione costrussero le trombe idrauliche aspiranti. Essi spiegarono il fatto dicendo, che lo spazio tutto dev'essere pieno di materia, e che la natura ha un orrore pel vacuo. Egli sarebbe per non aver da inorridire, ch'essa caccierebbe su l'acqua ad occupare il vuoto dietro allo stantuffo. Ma quando si venne a riconoscere che le trombe aspiranti erano impotenti a sollevare l'acqua oltre a 10 metri circa, alcuni riconobbero l'insufficienza della ragione fino allora addotta, e cercarono di studiare meglio il fenomeno per iscoprirne la vera cagione. Molti più cocciuti ritennero la spiegazione primitiva, modificandola solo col dire che « la natura ha l'orrore del vacuo solo fino all'altezza di 10 metri e non oltre !! »

14. **Sperienza di Torricelli.** — Ei fu verso la metà del secolo XVII, che Evangelista Torricelli diede la vera spiegazione del sollevamento dell'acqua nel vuoto, esposta nell'art. 12, e per convincere i numerosi sostenitori dell'orrore della natura pel vacuo immaginò e fece la memorabile sperienza, che porta il suo nome. Se è la pressione dell'aria quella che fa salire i liquidi nel vuoto, questi non debbono salirvi che a tale altezza, a cui la colonna sollevata equilibri la pressione esterna; quindi i liquidi più leggieri debbono salire più alto per compensare colla lunghezza della colonna la mancanza della densità, ed i liquidi più densi debbono salire meno alto. Il mercurio, che pesa 13 volte e mezzo meno che l'acqua a parità di volume, deve nel vacuo salire ad un'altezza non maggiore della tredicesima o quattordicesima parte di 10 metri, cioè a circa 75 o 76 centimetri. Così ragionò Torricelli, e per provare col fatto la verità del ragionamento, prese un tubo di vetro *a b c* (*fig.* 9) lungo circa 80 centimetri, chiuso da una parte, aperto dall'altra, lo riempì per bene di mercurio, e chiusolo col dito, lo capovolse facendo pescare l'estremità aperta in un vaso di mercurio MN. È chiaro che finchè teneva col dito chiusa l'apertura del tubo, il mercurio doveva star sollevato fino alla sommità di questo; ma

rimovendo il dito, se la teoria è giusta, deve il mercurio discendere alquanto, ed il suo livello arrestarsi in *c* in modo, che l'altezza della colonna *bc* sollevata sopra il livello del mercurio esterno sia di settanta e qualche centimetro. Potete immaginarvi quale fu la soddisfazione di Torricelli, quando, rimosso il dito, vide il mercurio discendere in *c*, ed arrestarsi all'altezza preveduta.

Sopra il mercurio dentro il tubo rimane il vuoto, che dicono vuoto torricelliano od anche vuoto barometrico.

Se la lunghezza del tubo adoperato fosse minore di quella della colonna di mercurio, che fa equilibrio alla pressione dell'aria, rimosso il dito, il mercurio non potrebbe discendere, ma continuerebbe a riempire il tubo, come avviene all'acqua nel bicchiere capovolto dell'art. 5. Ma se con qualunque mezzo si facesse diminuire la pressione dell'aria esterna, divenendo questa minore di ciò che corrisponde alla colonna di mercurio nel tubo, si vedrebbe allora il liquido discendere ed arrestarsi ad un'altezza corrispondente alla diminuita pressione.

Figura 9

Il ragionamento di Torricelli ricevette una luminosa conferma dalla sperienza di Pascal, il quale fece portare dal suo cognato Périer lungo la salita del Puy-du-Dome l'apparecchio di Torricelli, e riconobbe, che l'altezza della colonna di mercurio nel tubo torricelliano sopra il livello del mercurio esterno va scemando a misura che l'apparecchio è portato in alto. Questo fatto si spiega assai naturalmente, poichè, se l'aria pesa, ogni strato di essa gravita sugli strati sottostanti, e la pressione dev'essere minore ne'siti più elevati, ove è minore l'altezza della colonna aerea soprastante.

15. **Pressione di un'atmosfera.** — La pressione media esercitata dall'aria atmosferica al livello del mare si dice *pressione di un'atmosfera*. Essa corrisponde alla pressione che eserciterebbe sulla sua base una colonna di

mercurio alta 76 centimetri. Quindi le due maniere di dire: pressione di un'atmosfera, e pressione di 76 centimetri di mercurio sono equivalenti.

§ 4. *Dell'elasticità ed espansibilità dell'aria e de' gas.*

16. **Espansibilità de'gas.** — I gas godono della proprietà di dilatarsi ed espandersi in modo da occupare tutto lo spazio che trovano libero intorno a sè. Supponete in un alto vaso cilindrico un po' d'aria o di gas qualunque rinchiuso con uno stantuffo in breve spazio presso il fondo del vaso. Se tiriamo su lo stantuffo duplicando, triplicando, moltiplicando comunque lo spazio in cui si trova il gas, questo espandendosi segue il movimento dello stantuffo, e da pochi centimetri cubi, che occupava prima, può venire anche ad occupare migliaia di metri cubi. In ciò consiste l'espansibilità de'gas. Essa ha però un limite, il quale non è ancora conosciuto.

17. **Fluidi. Differenza tra gas e liquidi.** — I liquidi ed i gas sono conosciuti col nome comune di *fluidi*. L'espansibilità è appunto la qualità, che stabilisce la differenza tra i fluidi liquidi ed i fluidi aeriformi. I primi sono fluidi inespansibili; dicevansi anche fluidi incomprimibili. Gli altri sono espansibili. Il nome di fluido, che significa scorrevole, accenna alla qualità comune de' liquidi e de' gas, che consiste nell'avere i medesimi le loro parti mobili e scorrevoli le une intorno alle altre, della quale proprietà non godono i corpi solidi.

18. **Elasticità o pressione de' gas: eguaglianza di pressione.** — In virtù della forza d'espansione ogni gas rinchiuso in un vaso preme tutt'intorno e in tutte le direzioni sulle pareti di questo, manifestando in tal modo la sua elasticità.

Godono pure i gas, come i liquidi, della proprietà di trasmettere tutt'intorno e in tutte le direzioni egualmente le pressioni esercitate in qualunque parte di essi.

Questa proprietà comune ai fluidi espansibili ed inespansibili è conosciuta sotto il nome di *principio d'eguaglianza di pressione.* Di essa si fecero molte utili applicazioni; citerò solo il torchio idraulico, e la trasmissione del moto dall'esterno della galleria all'interno alle perforatrici che lavorano nel foro del Cenisio.

19. **Pressione dell'aria su tutti i corpi.** — Segue dalle cose spiegate, che l'aria atmosferica preme su tutti i corpi, non solamente all'ingiù col suo peso, ma ancora lateralmente, all'insù e in tutte le direzioni in virtù dell'espansibilità sua e del principio dell'eguaglianza di pressione. In ciascun punto dell'aria la pressione ch'essa esercita intorno, è la stessa in tutti i sensi, ma può variare da punto a punto. Così nelle regioni più elevate dell'atmosfera questa pressione è minore, che nelle regioni inferiori. In ogni luogo poi essa è misurata dall'altezza della colonna di mercurio nel tubo della sperienza di Torricelli.

20 **Pressione dell'aria sui corpi al livello del mare.** — Ho già detto (art. 15), che in media al livello del mare la colonna di mercurio nell'apparecchio torricelliano sta sollevata all'altezza di 76 centimetri, misurando la pressione di un'atmosfera. Quindi colà ogni centimetro quadrato di superficie di un corpo qualunque è premuto dall'aria colla forza equivalente al peso di una colonna di mercurio avente per base un centimetro quadrato, e per altezza 76 centimetri, ossia equivalente al peso di 76 centimetri cubi di mercurio. Ora 76 centimetri cubi d'acqua pesano 76 grammi, e la densità del mercurio essendo 13·6 volte quella dell'acqua, il peso di quella colonna di mercurio sarà di grammi $76 \times 13{\cdot}6 = 1043{\cdot}6$. Possiamo conchiudere, che in media la pressione dell'aria al livello del mare è di poco più di un chilogrammo per ogni centimetro quadrato di superficie, e ne' paesi non troppo elevati su quel livello essa può ritenersi, senza grave errore, come di un chilogrammo per ogni centimetro quadrato.

21. **Pressione dell'aria sul corpo umano.** — Quindi anche il nostro corpo soffre per parte dell'aria la pres-

sione di un chilogrammo per centimetro quadrato della sua superficie; e come per un uomo di statura media si può assumere, che la superficie totale del corpo sia all'ingrosso di un metro quadrato e mezzo, ossia di 15 mila centimetri quadrati, così ne segue che un tale individuo è premuto dall'aria con una forza equivalente al peso di 15 mila chilogrammi, pressione enorme, corrispondente a circa 100 volte il massimo peso, cui un uomo de' più robusti possa reggere per pochi minuti sulle spalle.

Come va, dirà taluno, che sotto così prepotente pressione il corpo degli animali non è letteralmente schiacciato, e non è punto impedita, nè incomodata la locomozione?

La pressione dell'aria sul corpo degli animali si esercita egualmente in tutti i sensi, ed è per questo appunto, che non impedisce il libero movimento de' medesimi, distruggendosi a vicenda le pressioni eguali e contrarie. Anzi la pressione stessa è necessaria per tenere in sesto le varie parti del corpo dell'uomo, le quali hanno l'energia sufficiente per sopportare tutta la pressione dell'aria; ed ove questa venisse a mancare, dilaterebbersi i vasi del sangue e degli altri umori, e si romperebbero colla distruzione dell'economia animale.

Il nostro corpo è fatto per vivere nelle condizioni atmosferiche in cui ci troviamo, e come per un eccessivo aumento della pressione dell'aria potrebbe schiacciarsi, così soffre per una troppa diminuzione di pressione. Salendo sulle più alte montagne o spingendosi in ascensioni aeronautiche fino alle regioni dell'atmosfera, dove la pressione dell'aria è poco più della metà di ciò che è qui abbasso, molti provano dolori di capo e difficoltà di respirazione o perdono il sangue dal naso, dagli occhi, ecc.

22. **Un effetto dell'eguaglianza di pressione.** — L'apparecchio di Torricelli, tenuto in una camera, o portato fuori a cielo scoperto, segna la medesima pressione atmosferica. Ciò non avrebbe luogo senza il principio dell'eguaglianza di pressione. Invero nella camera

l'aria sopra il soffitto è sorretta da questo. Basta un minimo forellino nella parete della camera, perchè la elasticità dell'aria interna si equilibri con quella dell'aria esterna. Se questo equilibrio di elasticità non avesse luogo, l'aria sarebbe spinta a traverso al forellino, ove formerebbe un soffio od un venticello diretto dal lato ove la elasticità è maggiore verso il lato opposto. Durante tale disequilibrio l'apparecchio di Torricelli non segnerebbe dentro e fuori pressioni eguali.

23. **Acqua in bicchiere capovolto.** — Lo stesso principio serve a spiegare una graziosa sperienza, che vedesi frequentemente ripetere anche dai ragazzi, e nella quale coll'aiuto di un foglio di carta si fa stare l'acqua in un bicchiere capovolto, come mostra la figura 10. Si regge con una mano il bicchiere pieno d'acqua fin verso metà, mentre coll'altra mano si tiene ben aggiustato sull'orlo un foglio di carta che lo chiude; si capovolge così il bicchiere, e tolta la mano di sotto alla carta, resterà l'acqua sollevata come si vede nella figura. Qui abbiamo in gioco due pressioni opposte contro il foglio di carta: quella dell'acqua e dell'aria interna, e quella dell'aria esterna. A cagione della prima, che è di un poco maggiore pel peso dell'acqua, la carta incurvasi un pochino, e si deprime perciò il livello dell'acqua, dando luogo ad una rarefazione dell'aria interna. Con ciò scema la forza elastica di questa, e le due pressioni vengono ad equilibrarsi.

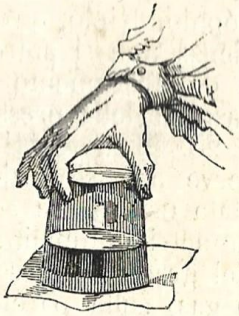


Figura 10

24. **Legge di Boyle e di Mariotte.** — Questi due fisici, inglese il primo, il secondo francese, dimostrarono contemporaneamente con isperienze quasi identiche, che ove non cambi la temperatura, il volume di un gas varia in ragione inversa delle pressioni, a cui il medesimo viene sottoposto. Questo risultato delle sperienze de' fisici nominati costituisce la legge, che porta il loro nome.

Un esempio farà meglio comprendere la cosa. Abbiamo una quantità determinata di gas qualunque tenuta chiusa in un vaso cilindrico con uno stantuffo, il cui peso suppongo sia la sola pressione che si esercita sul gas. Questo in tale condizione ha un volume determinato. Or bene, se coll'aggiunta o colla sottrazione di pesi facciamo variare il peso dello stantuffo premente, varierà pure il volume del gas sottostante. Divenendo il peso dello stantuffo doppio, triplo, quadruplo, il volume del gas si ridurrà alla metà, al terzo, al quarto di prima, e viceversa, divenendo il peso dello stantuffo la metà, il terzo, il quarto del peso primitivo, diverrà doppio, triplo, quadruplo il volume del gas. Questa sperienza non si potrebbe fare nell'aria senza tener conto e del fregamento dello stantuffo contro la parete del vaso, e della pressione dell'aria esterna.

25. **Manometri.** — La legge di Boyle e di Mariotte serve alla risoluzione di molti problemi pratici, ed è stata usufruttata specialmente nella costruzione de' manometri, i quali sono strumenti destinati alla misura del grado di pressione, che esercita un fluido (liquido o gas) sulle pareti del vaso che lo contiene. Un tubo DEA, piegato come mostra la figura 11, chiuso in D, aperto in A, contiene nella parte CEB del mercurio e nella parte chiusa CD dell'aria secca, od un gas qualunque. Il mercurio è premuto in C dal gas rinchiuso, in B dall'aria esterna, che passa per l'apertura A.

Se la pressione in B equivale ad un'atmosfera (art. 15), il volume CD del gas (fatta astrazione della piccola differenza di livello nelle due braccia), sarà quello che corrisponde alla pressione di un'atmosfera; divenendo la pressione in B doppia, tripla, ecc., per la legge di Mariotte diverrà metà, un terzo, ecc., il volume del gas. Quindi si comprende come dal livello C del mercurio si potrà giudicare della forza elastica del fluido premente in B. Supponiamo che si voglia conoscere la tensione o forza elastica del gas, che si trova in un gasometro, o del vapore, che sta nella caldaia della macchina a vapore. Per un conveniente tubo si farà comunicare l'apertura

A del manometro coll'interno del gasometro o della caldaia, ed immediatamente il mercurio, premuto in B dal gas o dal vapore, si disporrà in maniera, che le pressioni in B e in C siano eguali, e perciò si facciano equilibrio, ed allora il livello C del mercurio farà conoscere la tensione del gas o del vapore.

Notisi, che allorquando il mercurio è più elevato in un braccio che nell'altro, alla pressione del fluido dal lato ove il livello è più alto si aggiunge la pressione del mercurio dipendente dalla differenza di livello.

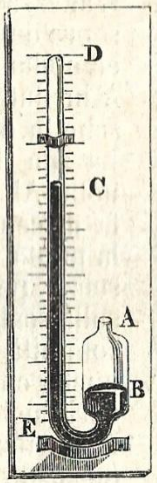


Figura 11

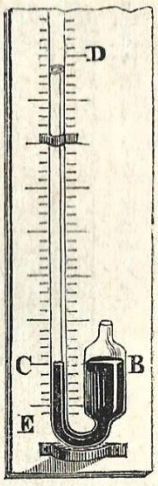


Figura 12

Supponiamo il tubo aperto ad ambe le estremità, come mostra la figura 12. Fatta comunicare la bocca A col fluido, di cui si vuol misurare la tensione, si verrà tosto alla cognizione di questa coll'osservare semplicemente la differenza di livello del mercurio nelle due braccia. Infatti la pressione del fluido sarà equilibrata dalla pressione atmosferica dell'aria, che penetra in D insieme e dalla pressione dipendente dalla differenza di livello del mercurio.

Si costruiscono pure de' manometri metallici, che trovansi in generale più comodi nelle applicazioni, ma che dànno risultati di molto minore precisione che i precedenti.

§ 5. *Del barometro.*

26. **Barometro a vaschetta.** — L'apparecchio di Torricelli (*figura* 9, *pag.* 17) costituisce il barometro a vaschetta. Deriva il nome di barometro da due voci greche significanti *peso* o *pressione*, e *misura*. Invero serve il barometro a misurare il peso o la pressione

dell'aria atmosferica. La differenza di livello del mercurio nella vaschetta e nel tubo barometrico si misura col mezzo di una scala, che va unita all'apparecchio, divisa in centimetri e millimetri. Tale differenza è quella appunto, che dà la misura della pressione dell'aria nel sito e nel momento dell'osservazione.

La figura 13 rappresenta un barometro di precisione.

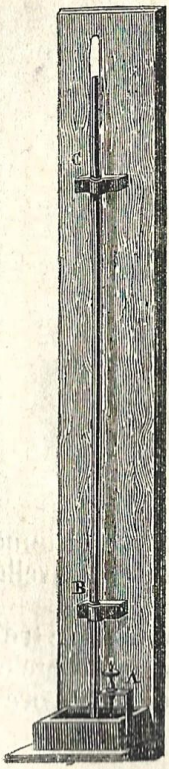


Figura 13

L'altezza del mercurio nel tubo BC al disopra del mercurio nella vaschetta si legge comodamente coll'aiuto della piccola asta A invitata sopra un sostegno fisso alla vaschetta, e terminata inferiormente in punta. La sua lunghezza è ben determinata e nota. Al momento dell'osservazione la si fa discendere nella madrevite fino a che la punta tocchi la superficie del mercurio senza penetrarvi dentro. Allora leggesi sulla scala la divisione corrispondente alla sommità della piccola asta, come pure quella che corrisponde al livello del mercurio nel tubo. Dalle due letture deducesi la distanza tra questo livello e la sommità dell'asta, alla quale distanza aggiungendo la lunghezza nota dell'asta medesima, ottiensi l'altezza barometrica cercata.

Più frequentemente l'asta è fissa, e la sua punta corrisponde esattamente all'all'altezza dello zero della scala. Al momento dell'osservazione con una vite, che sta sotto alla vaschetta, si fa alzare od abbassare il fondo mobile di questa in modo, che il livello del mercurio venga a corrispondere all'altezza della punta. Leggendo allora la divisione corrispondente al livello del mercurio nel tubo, si ha immediatamente l'altezza barometrica. I barometri fatti secondo questo sistema portano il nome di Fortin.

27. **Barometro a sifone.** — Il barometro a sifone consta di un tubo AB piegato come si vede nella figura 14,

con un braccio A lungo e chiuso, e l'altro B corto ed aperto. Al disopra del mercurio nel braccio lungo vi ha il vuoto torricelliano. L'aria esterna premendo sul mercurio del braccio aperto, fa sollevare di tanto il mercurio nel braccio lungo, di quanto esso si solleva nel barometro a vaschetta sopra il livello esterno. Leggendo successivamente le divisioni della scala corrispondenti ai due livelli A e B, se ne dedurrà tosto l'altezza barometrica.

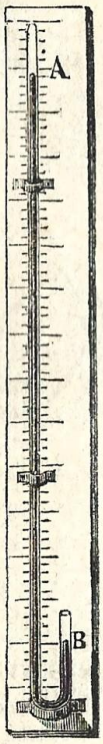


Figura 14

Nei barometri ordinari, che trovansi in commercio, siano essi a vaschetta od a sifone, ottiensi l'altezza barometrica colla semplice lettura della divisione corrispondente al livello superiore del mercurio, essendo lo zero della scala ad un'altezza, che corrisponde al livello medio del mercurio nella vaschetta o nel braccio aperto. Perchè l'errore, che nasce necessariamente da questo metodo (poichè variando il livello interno, varia pure l'esterno, e perciò questo non è fisso) sia minimo, si fa uso di vaschette piuttosto larghe, e si dà al braccio corto del barometro a sifone un diametro alquanto maggiore di quello del braccio lungo. Con ciò il livello esterno si allontana meno dallo zero della scala, ma si commette sempre un errore.

28. **Barometro a quadrante.** — Il barometro a quadrante non è altro che il barometro a sifone (*figura* 15), in cui sul mercurio del braccio corto si è posto un galleggiante di ferro, che si alza e si abbassa col mercurio stesso. Al galleggiante è unito un filo, che passa su di una puleggia, la quale girerà sul suo asse ogni volta che si alzerà o si abbasserà il galleggiante. Un indice portato dalla puleggia segna su di un circolo graduato i movimenti del mercurio.

29. **Barometro aneroide o metallico.** — Immaginate una scatola ben chiusa, vuota d'aria, con due facce opposte flessibili. L'aria esterna premerà su queste facce e le farà cedere più o meno, secondo che sarà maggiore

o minore la pressione, ch'essa esercita. Un congegno trasmette il movimento delle facce flessibili ad un indice, che segna su d'un cerchio graduato la pressione corrispondente dell'aria. Ecco un'idea del barometro aneroide dello spagnuolo Vidi, barometro, che fu poscia modificato e perfezionato in varii modi. Il barometro aneroide, quale si costruisce ora dai migliori macchinisti, dà indicazioni, che sono abbastanza d'accordo con quelle del barometro a mercurio, ed è perciò molto frequentemente adoperato, specialmente a cagione della piccola sua mole e del facile suo trasporto. Se ne fanno di quelli, la cui scala si estende da 40 ad 80 centimetri di pressione; essi servono pe' viaggiatori sulle alte montagne. Altri di scala ristretta, ma a grandi divisioni, servono pei viaggi in paesi di livello poco variabile. Ve ne ha di tali, che fanno conoscere ogni minima variazione di pressione, e viaggiando con uno di essi su di una ferrovia, siamo avvertiti dalle sue indicazioni se il tronco di strada, che percorriamo, è ascendente o discendente od orizzontale.

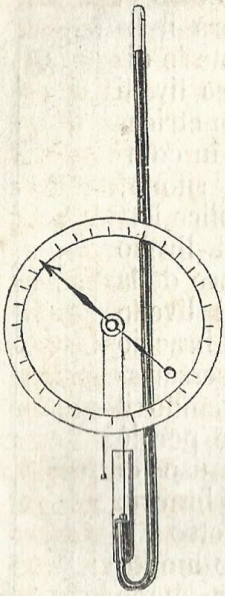


Figura 15

30. **Variazioni della pressione.** — L'altezza della colonna barometrica varia col luogo e col tempo. In Torino, per esempio, il mercurio nel barometro si solleva ad un'altezza, che varia da 71·5 a 76 centimetri, secondo le varie condizioni atmosferiche. Al livello del mare l'altezza del mercurio può variare da 72 a 78 centimetri. L'altezza media a Torino è di 74 centimetri, al livello del mare di 76. Sul monte Bianco (4775 metri sul livello del mare) questa media altezza non arriva a 42 centimetri. Dunque l'altezza barometrica varia da luogo a luogo (la ragione è esposta nell'art. 14); in un medesimo luogo poi essa varia pure entro limiti considerevolmente estesi.

31. **Variazioni regolari ed irregolari.** — Nel discutere le osservazioni barometriche si trova costantemente, che le altezze osservate variano talvolta rapidamente ed irregolarmente, e talvolta regolarmente e periodicamente. Le variazioni irregolari sono frequentissime nelle alte latitudini; meno frequenti all'equatore.

32. **Livellazione barometrica.** — La livellazione barometrica ha per iscopo di determinare dietro le osservazioni barometriche e termometriche l'altezza di un paese sopra il livello del mare, o meglio, la differenza di livello tra due paesi, ove si facciano le dette osservazioni contemporaneamente, od almeno a poche ore di distanze. Conosciuta la pressione atmosferica e la temperatura ne' due paesi, deducesi tosto coll'applicazione di una formola, ch'è inutile di qui esporre e che trovasi nel mio Corso di Fisica, di quanti metri uno di essi trovasi elevato sopra l'altro. Questa livellazione è comodissima per la misura dell'altezza delle montagne e delle ascensioni aerostatiche.

33. **Pronostico del tempo.** — Essendo le variazioni barometriche irregolari connesse colle variazioni del tempo, è chiaro, che se si giungerà collo studio a trovare la legge di questa connessione, la meteorologia non potrà che grandemente avvantaggiarsene. Ma nello stato attuale della scienza ben poco certe sono le predizioni fondate sulle osservazioni barometriche, e non bisogna troppo fidarsi delle indicazioni di *pioggia*, *vento*, *variabile*, *sereno*, *costante*, ecc., che si trovano registrate sui barometri del commercio. In generale ne' nostri paesi l'abbassamento del mercurio del barometro indica ed accompagna il passaggio dal bel tempo all'intemperie, mentre il passaggio dall'intemperie al bel tempo è solitamente accompagnato da un'elevazione della colonna barometrica.

34. **Altezza e forma dell'atmosfera.** — Dicesi atmosfera l'inviluppo aereo, che circonda il globo terracqueo. Dietro le osservazioni barometriche fatte a diverse altezze i fisici matematici cercarono di determinare l'altezza dell'atmosfera, ma giunsero a risultati che meritano

poca fiducia, anzi dimostrati erronei da altre osservazioni. La durata de' crepuscoli e le più o meno regolari apparizioni delle stelle cadenti ci dimostrano, che l'atmosfera deve estendersi almeno all'altezza di quattro o cinque cento chilometri sopra il suolo. La sua forma dev' essere sferica schiacciata come quella del globo.

§ 6. *Di alcuni gas.*

35. **Ossigeno.** — In un recipiente A (*fig. 4, pag. 11*) si faccia scaldare dell'ossido rosso di mercurio (corpo composto di ossigeno e di mercurio), oppure del perossido di manganese (corpo composto di ossigeno e di manganese). L'azione del calore farà decomporre l'ossido; il metallo (mercurio nel primo caso, manganese nel secondo) resta sul fondo del vaso, e l'ossigeno reso libero sollevasi nel vaso sotto forma gassosa, cacciando l'aria dinanzi a sè e facendosi strada pel tubo B a traverso all'acqua dei vasi C e D. Le prime bolle gassose, che si sprigionano dall'apparecchio, sono di aria, o di aria mista ad ossigeno; le si lasciano sfuggire, e solo mettesi a posto il vaso D capovolto e pieno di acqua allorquando si può presumere, che tutta l'aria sia cacciata via. Riempiuto il vaso D del gas, che si sviluppa, possiamo chiuderlo colla palma della mano o con un turacciolo e fare sul medesimo le sperienze che vorremo. Proviamo a respirare il gas raccolto, oppure a mettervi dentro un lume spento di fresco e che presenti ancora un punto d'ignizione. Nel primo caso proveremo una sensazione diversa da quella, che accompagna la respirazione dell'aria ordinaria; nel secondo caso vedremo il lume riaccendersi. Questi fatti provano, che il gas raccolto non è aria comune. Questo gas fu scoperto da Priestley nel 1774 e fu detto *aria deflogisticata, aria pura, aria vitale*, e finalmente *ossigeno*. Esso mantiene ed attiva con vivacità la respirazione degli animali e la combustione. Una spirale di un sottile filo di ferro, portante un po' di esca accesa, introdotta in un vaso

pieno di ossigeno, si abbrucia spandendo intorno luce e scintille vivissime.

36. **Idrogeno.** — Nel recipiente A della figura 4 mettiamo ora dei frantumi di zinco e dell'acido solforico dilungato con acqua; senza d'uopo di riscaldamento avviene una reazione, per cui si sviluppa un gas, il quale, dopo uscita l'aria contenuta nel vaso A e nel tubo B, si può raccogliere nella campanella D. Questo gas non riaccende i lumi spenti, come fa l'ossigeno, ma si accende esso stesso ed abbrucia con debole fiamma quando gli si accosti un lume acceso. Esso fu detto *aria infiammabile*, e poscia *idrogeno*, e fu scoperto nel principio del secolo XVII.

Un getto continuato d'idrogeno acceso genera una fiamma continuata. Ponendo su di questa un lungo tubo di vetro aperto ai due capi in modo, che la fiamma entri nel capo inferiore del tubo si genera un suono analogo a quello di una tromba. L'idrogeno non mantiene la respirazione: non è però dannoso, perchè si potrebbe benissimo respirare mescolato coll'ossigeno. Dando fuoco a due getti concorrenti d'idrogeno e d'ossigeno, la combustione che ne nasce genera un'altissima temperatura, di cui si tira partito nelle arti. Lanciando questo doppio getto infiammato contro uno spigolo di calce viva, si ottiene una luce vivissima detta di Drummond, e paragonabile alla luce elettrica.

L'idrogeno mescolato coll'aria detona col dargli fuoco, e detona ancora più se è mescolato coll'ossigeno. Un miscuglio di due volumi d'idrogeno ed uno d'ossigeno forma ciò che si chiama *l'aria detonante.*

Bruciando l'idrogeno nell'ossigeno o nell'aria, si forma dell'acqua, la quale non è altro, che una combinazione chimica di idrogeno e di ossigeno nella proporzione costante di due volumi del primo contro uno del secondo, oppure in peso, di una parte del primo contro otto del secondo.

Nella preparazione indicata l'idrogeno si ottiene appunto dalla decomposizione dell'acqua, il cui ossigeno si porta sullo zinco e lo ossida (lo irrugginisce), mentre

l'idrogeno resta libero allo stato di gas. L'ossido di zinco poi, che si forma, in contatto coll'acido solforico si combina con questo e forma un sale detto solfato di zinco, che resta nel vaso A.

37. **Acido carbonico.** — L'acido carbonico trovasi abbondantemente sparso nella natura; l'atmosfera ne contiene da tre a quattro decimillesimi del suo totale: la combustione in generale, la fermentazione vinosa, la respirazione degli animali, i vulcani, ecc., ecc, ne producono continuamente; se ne genera nelle miniere di carbon fossile e in varii sotterranei; famosa è come sorgente d'acido carbonico la grotta del cane di Pozzuoli. Artificialmente si ottiene sia colla combustione del carbone, o coll'azione di alcuni acidi sui carbonati. Per esempio se si versa sopra polvere di marmo (carbonato di calce) dell'acido solforico, succede un'effervescenza, nella quale si forma del solfato di calce (gesso), che rimane nel vaso, ed acido carbonico, che si raccoglie al modo che ho spiegato per l'ossigeno e per l'idrogeno.

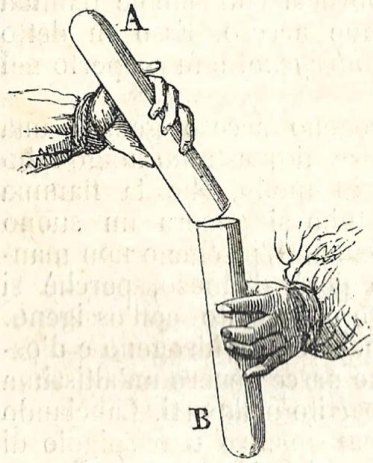


Figura 16

L'acido carbonico è solubile nell'acqua tanto più, quanto più è sotto grande pressione. Su questa proprietà è fondata la fabbricazione delle acque gassose. L'acido carbonico non mantiene la combustione, nè la respirazione. Il suo peso considerevole fa, che nei luoghi, ove si sviluppa in copia, esso si porta verso il basso, ed anche si può travasarlo, versandolo da un recipiente in un altro (*fig.* 16), ed in un'aria tranquilla discende, e se cade sopra un lume lo spegne, sperienza bellissima, e che per gl'ignoranti sa di magia, poichè tale gas è affatto invisibile, e pare che lo sperimentatore nulla versi dal vaso, e che il lume si spenga per miracolo.

Un animale nell'acido carbonico muore asfissiato. Entrando in una cantina, in cui vi sia uva in fermentazione, si sente l'odore di questo acido, il quale è talvolta ivi così abbondante, da rendersi pericoloso. I prudenti entrando in tali luoghi portano lentamente avanti di sè un lume acceso. Se questo si spegne, bisogna tornare subito indietro, e non rientrare, se non dopo di aver rinnovato l'aria del luogo con acconcia ventilazione.

38. **Azoto.** — Il gaz azoto, invisibile come tutti i precedenti, è stato scoperto nel 1772 da Rutherford; esso non mantiene la combustione, nè la respirazione, poichè in un'atmosfera di tale gaz un lume si spegne, ed un animale vi muore. Ciò nondimeno esso forma gran parte dell'aria atmosferica, trovandosi in essa mescolato coll'ossigeno. Esso entra pure abbondantemente nella composizione di un gran numero di materie organiche. Lo si può preparare abbruciando dentro una campana piena d'aria e capovolta sull'acqua un pezzo di fosforo, il quale sottrae l'ossigeno all'aria, e lascia l'azoto libero.

39. **Aria atmosferica.** — L'aria atmosferica risulta formata dalla mescolanza di azoto, di ossigeno, di acido carbonico e di vapori acquei. L'azoto costituisce circa i quattro quinti dell'aria, l'ossigeno un quinto; l'acido carbonico non entra che per tre o quattro decimillesimi; i vapori acquei poi si trovano in quantità continuamente variabile.

La presenza dell'azoto serve a temperare l'azione troppo viva dell'ossigeno sui combustibili e sugli animali; l'ossigeno mantiene la respirazione e la combustione; l'acido carbonico concorre all'alimento delle piante; i vapori acquei poi, sorgendo dalle acque che coprono il globo, si spandono variamente nelle varie regioni a seconda dei venti, e condensandosi qua e colà pel freddo delle regioni elevate, generano le nubi, le pioggie, le nevi e tutte le meteore acquee, per cui i terreni, che senza di queste diverrebbero ben presto nudi ed inabitabili deserti, sono popolati di piante, che trovano in essi gli acconci umori, e di animali che dalle piante o da altri animali traggono il loro nutrimento.

Nella combustione e nella respirazione degli animali si consuma l'ossigeno dell'aria, il quale combinandosi col carbone e coll'idrogeno forma acido carbonico e vapori acquei. Se non esistessero nella natura azioni compensatrici, l'aria diverrebbe presto viziata dalla troppa abbondanza dell'acido carbonico, e la vita animale cesserebbe di essere possibile sulla terra. Ma la natura con mirabile magistero provvide alla decomposizione dell'acido carbonico, la quale è prodotta dalla respirazione delle piante. L'acido carbonico dell'aria in contatto colle parti verdi delle piante e per l'azione della luce solare si decompone; l'ossigeno viene restituito all'aria, e le piante fanno loro pro del carbone.

Oltre ai predetti elementi, l'aria può contenere accidentalmente varie altre sostanze, sebbene generalmente in minima quantità. Tali sono acido solforico, ammoniaca, acido solforoso, pulviscolo o limo atmosferico, ecc., ecc.

40. **Gas delle paludi.** — L'idrogeno ed il carbone, combinandosi chimicamente insieme, possono dare origine a molti composti, tra i quali distinguonsi due gas, che i chimici designano col nome di idrogeno protocarburato e di idrogeno bicarburato, l'uno meno e l'altro più ricco di carbone a parità d'idrogeno. Il primo trovasi in molti luoghi bello e formato in natura, come nelle miniere di salgemma ed in quelle di carbon fossile, ove mescolandosi coll'aria, la rende detonante, ed è frequentemente causa di esplosioni; esso trovasi pure nelle paludi dalle quali trasse il suo nome. Per raccoglierlo dalle paludi, dov'esso deriva da sostanze organiche in putrefazione, basta agitare con un bastone il fondo dell'acqua e raccogliere con un recipiente munito di largo imbuto, capovolto e pieno d'acqua, le bolle gassose che si sviluppano. Questo gas si abbrucia come l'idrogeno; cosicchè se in notte oscura agitate con un bastone il fondo di certe paludi, e date fuoco alle numerose bolle che vengono alla superficie, vedrete una debole fiamma azzurrognola scorrere su questa, lambendola per l'intiero tratto coperto dalle bolle.

41. **Gas illuminante.** — Il gas illuminante si ottiene

colla distillazione del carbon fossile, del legno, ecc., in vasi di ferro fuso o di terra refrattaria. Esso può riguardarsi come un misto dei due gas nominati nell'articolo precedente. Il prodotto primo della distillazione contiene sostanze estranee, e principalmente acido carbonico e solfidrico, che si sottraggono facendolo passare su calce spenta. Ne nascono acque ammoniacali e catrame. Adoperando nella preparazione carbone fossile, o legno, i residui della distillazione sono carbone coke, o carbone di legno.

42. **Fosfuro d'idrogeno gassoso.** — L'idrogeno col fosforo dà origine a tre differenti composti, dei quali uno è solido, uno liquido ed uno gassoso. Quest'ultimo misto coi vapori del fosfuro d'idrogeno liquido, gode della proprietà di accendersi spontaneamente in contatto coll'aria. Si può ottenere questo miscuglio in più modi. Eccone uno: si faccia riscaldare alquanto in un vaso di vetro una poltiglia di calce umida e di polvere o frantumi di fosforo, e si conduca per un tubo nell'acqua di un recipiente vicino il gas che si sviluppa (*figura* 17). Questo uscirà dall'acqua in bollicine, che si accendono in contatto coll'aria, e formano altrettante anella di fumo bianco, che vanno salendo nell'aria e disfacendosi, mandando un particolare odore agliaceo.

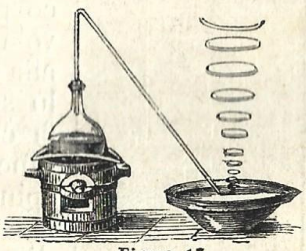


Figura 17

Si forma naturalmente questo gas, particolarmente ne' calori estivi e dopo la pioggia, là ove stanno sul suolo a poca profondità sostanze animali in putrefazione. Uscendo nell'aria, esso genera i fuochi fatui, spauracchio degl'ignoranti.

§ 7. *Di alcune macchine e sperienze.*

43. **Macchina pneumatica.** — La macchina pneumatica è un apparecchio destinato a rarefare l'aria in

un recipiente qualunque. Per comprendere come ciò possa conseguirsi, sia un vaso A (*figura* 18), che si può chiudere con un rubinetto R. Sul suo collo s'invita un corpo di tromba o cilindro CB, entro cui è mobile uno stantuffo; il fondo del corpo di tromba è munito di una valvola E, che si apre verso lo stantuffo e si chiude verso il vaso A. Lo stantuffo poi è munito di un foro con una valvola D, che si apre di dentro in fuori. Si spinge lo stantuffo da B verso C; l'aria compressa nel corpo di tromba farà chiudere la valvola E ed aprire la valvola D, d'onde ella esce fuori. Tirando poscia indietro lo stantuffo, l'aria esterna premendo, fa chiudere la valvola D; e se il rubinetto R è aperto, l'aria del vaso A spingerà la valvola E per la sua forza elastica, ed entrerà in parte nel corpo di tromba. Continuando questo moto alternativo dello stantuffo, si rarefarà indefinitamente l'aria del vaso A, tanto, che questo si potrà riguardare come vuoto. Non si otterrà però mai con questa macchina il vuoto perfetto.

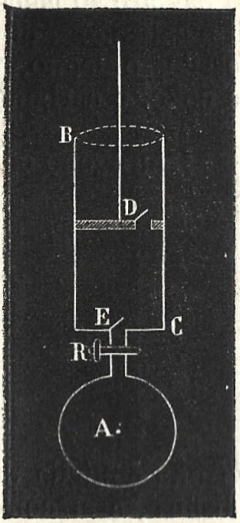


Figura 18

44. **Macchina a due cilindri.** — La macchina pneumatica adoperata comunemente in tutti i gabinetti di fisica consta di due corpi di tromba, come il precedente, fissi verticalmente sull'estremità d'un tavolino. La figura 19 dà un'idea di questa macchina. I corpi di tromba invece di essere direttamente applicati al vaso, in cui si vuole rarefare l'aria, comunicano ambidue con un tubo piegato ad angolo retto, di cui un lato è orizzontalmente fisso al tavolino, e l'altro è diretto all'insù verticalmente. Su questo tubo si possono invitare i vasi entro cui si vuole rarefare l'aria. Invece d'invitare un vaso sul tubo, si fa frequentemente il vuoto entro una campana di vetro che si capovolge sul piatto della macchina portato dal tubo. Affinchè non possa

l'aria passare tra il piatto ed il lembo della campana, si chiude bene tutt'intorno ogni meato con grasso o luto. Tali sono le parti essenziali di una macchina pneumatica. I due stantuffi si fanno agire di conserva col mezzo di un bilanciere, che mette in moto rotatorio alternativo una ruota dentata, la quale fa incastro colle braccia degli stantuffi fatte a rastrelliera.

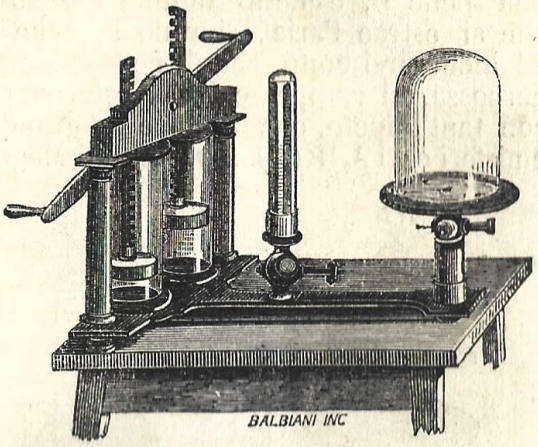


Figura 19

45. **Misura della rarefazione dell'aria.** — Il grado di rarefazione dell'aria nel recipiente della macchina pneumatica si misura con un manometro barometrico, il quale sta dentro una campanella unita fissamente alla macchina e comunicante col tubo di questa. Ei vedesi nella figura 20 elevato tra la campana ed i corpi di tromba. Le migliori macchine pneumatiche dànno una rarefazione di uno a due millimetri di mercurio.

46. **Principali sperienze eseguite colla macchina pneumatica.** — Molteplici sono le sperienze che si possono fare colla macchina pneumatica. Citerò le seguenti: 1° una vescica contenente poc'aria e floscia nel recipiente della macchina si gonfia a misura che si fa il vuoto; 2° una mela appassita si distende e diviene come di fresco staccata dalla pianta; 3° l'acqua si evapora rapidissimamente e bolle anche alla temperatura ordinaria; 4° un animale vi muore; la combustione

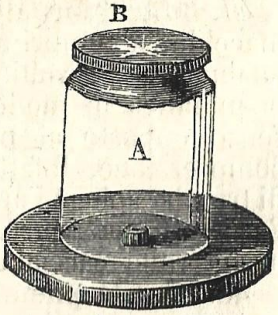


Figura 20

non può aver luogo; 5° se si sostituisce alla campana un largo tubo A (*figura* 20), coperto superiormente con una pelle B, e detto tamburo pneumatico, a misura che si estrae l'aria, si vede la pelle piegarsi all'ingiù ed incurvarsi tanto, che di per se stessa, o leggermente percossa, si rompe, e l'aria esterna penetra nel vuoto con tant'impeto, che produce un grande rumore; 6° due emisferi cavi A,B (*fig.* 21), detti di Magdeburgo dal luogo ove Ottone di Guericke, inventore della macchina pneumatica, fece questa sperienza, addossati l'uno all'altro, come mostra la figura 22, non possono più separarsi senza un grandissimo sforzo, se entro i medesimi si faccia il vacuo; mentre, lasciata penetrare l'aria, si staccano con due dita.

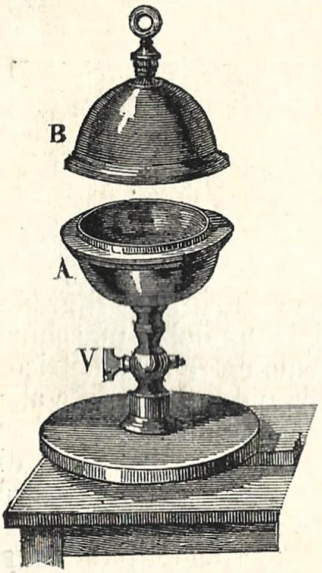


Figura 21

Figura 22

47. **Macchina di compressione.** — Serve questa macchina a comprimere l'aria od un gas in un recipiente qualunque. Si voltino tutte le valvole della macchina pneumatica in modo, che si aprano e si chiudano in senso opposto al primitivo, e si avrà la macchina di compressione. Infatti lo stantuffo discendendo nel corpo di tromba spinge l'aria nel recipiente, e risalendo poscia, l'aria esterna penetra nel corpo di tromba per essere a sua volta cacciata nel recipiente.

48. **Fucile pneumatico.** — Il calcio del fucile forma un vaso a pareti assai robuste, la cui apertura è munita

di una valvola, che si apre di fuori in dentro. Colla macchina a compressione si comprime fortemente nel calcio l'aria, la quale collo sforzo che fa per dilatarsi, chiude la valvola, e si tiene di per sè prigioniera. S'inviti sul calcio la canna del fucile e vi s'introduca la palla. Se collo scatto si fa aprire la valvola, l'aria sprigionata caccia con impeto dinanzi a sè la palla e succede un primo colpo. Ma la valvola si richiude tosto, e l'aria nel recipiente conserva ancora abbastanza di forza per fare più altri colpi successivi senza ricaricare; ma l'energia de' colpi va scemando a misura che si perde dell'aria.

49. **Fontana a compressione.** — Consiste questa in un vaso C (*fig.* 23) contenente dell'acqua fino ad una certa altezza, ermeticamente chiuso. Lo spazio tra l'acqua ed il coperchio è pieno d'aria. A traverso al coperchio passa un tubo AB, aperto ad ambi i capi e munito di una chiavetta o rubinetto, come si vede nella figura. Applicata in B una tromba a compressione, si comprime l'aria nel vaso. Si chiude allora il tubo per istaccarne la tromba, ed aperto poscia il rubinetto B, succederà lo zampillo. Se all'acqua si sostituisce un liquido infiammabile, e si dà fuoco al getto, si avrà una fiamma zampillante.

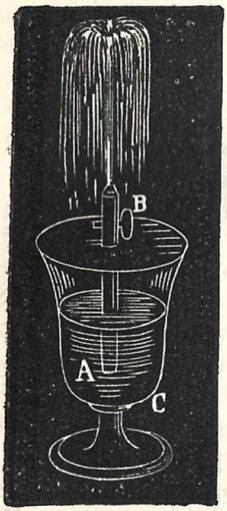


Figura 23

50. **Sifone pel travasamento de' liquidi.** — Il sifone consiste in un tubo CHE (*figura* 24) piegato in guisa di U, aperto ad ambi i capi. Sia un vaso AB pieno d'acqua; immergasi in esso un braccio FC del sifone. Se l'apertura esterna E trovasi inferiore al livello del liquido nel vaso, aspirando l'aria del sifone pel cannello *mn*, l'acqua del vaso salirà pel tubo e discenderà in E, e continuerà il getto finchè l'estremità C del sifone rimarrà dentro l'acqua, e l'estremità E sarà inferiore al livello di questa. Cesserebbe l'azione del sifone, se la sua parte culmi-

nante H fosse sopra il livello AD del liquido ad un'altezza maggiore di quella, a cui questo liquido stesso sarebbe spinto nel vuoto dalla pressione dell'aria esterna.

I ragazzi nelle campagne si divertono qualche volta col giuoco del sifone fatto con un gambo ricurvo di foglie di zucca.

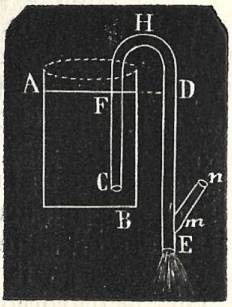


Figura 24

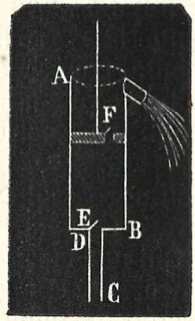


Figura 25

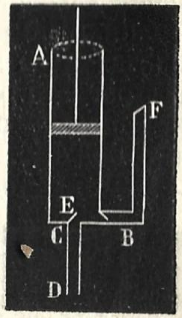


Figura 26

51. **Tromba aspirante.** — Un corpo di tromba AB (*figura* 25) è unito ad un tubo sottostante DC, che si immerge al basso nell'acqua che si vuol sollevare colla tromba. Il fondo del corpo di tromba è munito di una valvola E, che si apre di basso in alto. Lo stantuffo è pure munito di una valvola F, che si apre come la precedente. Spingendo in giù lo stantuffo, l'aria del corpo di tromba esce per la valvola F; tirandolo poi in su, si chiude di per sè la valvola F, ed apresi l'altra E, per cui viene su l'aria e poi l'acqua pel tubo DC. Facendo così agire alternativamente lo stantuffo, si farà tosto uscire tutta l'aria del tubo e del corpo di tromba, e passerà l'acqua al di sopra dello stantuffo, d'onde uscirà per un apposito canale.

52. **Tromba aspirante e premente.** — Invano si cercherebbe con una tromba semplicemente aspirante di elevare l'acqua ad altezza maggiore di dieci metri; ma con una tromba aspirante e premente la si può far salire a qualunque altezza. Nella tromba aspirante e premente lo stantuffo non è forato; un tubo BF (*fig.* 26) parte dall'estremità inferiore del cilindro, ed è destinato

a condurre l'acqua ove si vuole. Presso alla sua unione col corpo di tromba sta una valvola, che si apre verso il di fuori del corpo di tromba. L'acqua giunta in E per aspirazione, è cacciata su pel tubo BF dalla pressione dello stantuffo discendente.

CAPO II.

DEL PRINCIPIO D'ARCHIMEDE

E DI ALCUNE SUE APPLICAZIONI

53. **Peso specifico.** — Dicono che Archimede stando in bagno abbia fatto la scoperta del principio che porta il suo nome, e che tanta sia stata per ciò la sua contentezza, che uscì nell'abito, in cui si trovava, gridando per la città: *ho trovato, ho trovato (eureka)*. Egli aveva realmente trovato il modo di conoscere se la corona, che il re Jerone di Siracusa aveva fatto fare con un peso determinato d'oro, fosse tutta di questo metallo, o se contenesse materie estranee.

Voi tutti sapete, che i differenti corpi a parità di volume hanno in generale differenti pesi. Così un centimetro cubo d'acqua pesa un grammo, mentre uno di piombo pesa 11 grammi e mezzo, uno di mercurio 13 e mezzo, uno d'oro 19, uno di platino 21, ecc., ecc.

I fisici chiamano peso specifico di un corpo il numero, che indica quante volte il peso di esso corpo contiene il peso di un egual volume d'acqua, o come dicono pure, il numero che indica quante volte il corpo pesa più o meno che l'acqua a parità di volume. Potremmo anche dire, che il peso specifico di un corpo è il numero che indica quanti grammi pesa ogni centimetro cubo del corpo stesso. Tale numero equivale al quoziente, che nasce dalla divisione del peso assoluto

del corpo pel peso assoluto di un egual volume d'acqua. Il lettore comprenderà, che qui io chiamo peso assoluto il peso del corpo quale è dato dalla bilancia, per distinguerlo dal peso specifico.

Il peso specifico dell'oro è 19, numero astratto, che non esprime nè grammi, nè libbre; e sempre l'oro, quando ha quel grado di compattezza, pesa specificamente 19, qualunque sia del resto il peso assoluto del pezzo d'oro, che si considera. Mettete coll'oro un'altra sostanza, piombo, per esempio, e ne cambierete il peso specifico. Archimede colla scoperta del suo principio trovò il modo di determinare il peso specifico de' corpi; quindi un lampo gli balenò tosto alla mente: determiniamo, disse, il peso specifico dell'oro puro, e quello della corona; se i due pesi specifici sono eguali la corona è d'oro puro, se no, no. Così risolse il problema. Ai nostri tempi conoscendosi il platino, che pesa più che l'oro, potrebbe l'orafo benissimo unire all'oro piombo e platino in tal proporzione da non alterarne il peso specifico, ed i moderni Archimedi sarebbero inabili a scoprire la frode col solo principio dell'Archimede antico.

54. **Principio d'Archimede.** — Ecco l'enunciato del principio d'Archimede in tutta la sua generalità: un corpo qualunque immerso totalmente o parzialmente in un fluido (liquido o gas) perde tanto del suo peso, quanto pesa il fluido rimosso, cioè quanto pesa quella porzione di fluido, della quale il corpo tiene il posto. Ciò è naturale, poichè senza il corpo, quella porzione di fluido stava là senza cadere, il che vuol dire che il fluido circostante esercitava su di essa tale pressione da reggerne il peso. Quindi collocato in sua vece il corpo, è chiaro, che quella medesima pressione reggerà precisamente tal parte del peso del corpo, quanto è il peso di quella porzione di fluido.

Il principio d'Archimede si dimostra sperimentalmente in più modi. Si pesi esattamente prima nel vuoto e poi in un fluido un corpo di volume ben determinato; si troverà così qual è il peso che il corpo perde in quel fluido. Si pesi poscia un volume di questo eguale al

volume del corpo, e si troverà verificato il principio d'Archimede. Dissi di pesar il corpo nel vuoto e poi nel fluido, il che è necessario quando si vogliano ottenere risultati di grande precisione, oppure quando il fluido sia gassoso; ma per le applicazioni ordinarie, e trattandosi di liquidi, basta pesare il corpo prima nell'aria e poi nel liquido, essendo il peso specifico dell'aria piccolissimo a fronte di quello del liquido.

Dalle cose dette si comprende, come il peso di un corpo nell'aria differisca dal peso assoluto del corpo stesso. Il peso assoluto è quale ha luogo nel vacuo; il peso nell'aria od in un fluido qualunque non è che peso apparente.

55. **Determinazione del peso specifico de' corpi solidi.** — Si pesi successivamente il corpo ed un volume di acqua eguale al volume del corpo; il primo peso diviso pel secondo somministra un quoziente, che esprime il peso specifico del corpo. La difficoltà di quest'operazione consiste nel trovare un volume d'acqua eguale a quello del corpo, difficoltà che si evita comodamente coll'applicazione del principio d'Archimede. Si pesi il corpo nell'aria e poi nell'acqua; la differenza de' due pesi è il peso di un volume d'acqua eguale a quello del corpo. Divideremo pertanto il peso del corpo nell'aria per la perdita di peso ch'ei soffre nell'acqua, ed avremo per quoziente il peso specifico cercato.

56. **Peso specifico de' liquidi.** — Per la determinazione del peso specifico de' liquidi si può fare uso di un vaso a collo stretto con un segno sul collo. Lo si riempie d'acqua fino al segno e si pesa; poscia tolta l'acqua si riempie allo stesso modo del liquido, di cui si cerca il peso specifico, e si pesa. Conoscendo il peso del vaso vuoto, verremo pure a conoscere il peso di questo liquido ed il peso dell'acqua, e dividendo il primo pel secondo (poichè i volumi sono eguali) si avrà ciò che si cerca.

57. **Areometri.** — Si determina pure il peso specifico de' solidi e de' liquidi cogli areometri, che sono galleggianti, i quali o col vario grado d'immersione, o dietro il peso, di cui bisogna caricarli per ottenere

un'immersione determinata, fanno conoscere la densità relativa de' corpi. La forma del galleggiante è pienamente arbitraria; gli si dà però comunemente la forma di un vaso oblungo, terminato in collo stretto e cilindrico, zavorrato in modo, che immerso ne' liquidi stia diritto ed in equilibrio stabile (*figura* 27).

Figura 27

Gli areometri, che con pesi addizionali si fanno immergere sempre fino alla medesima profondità nei diversi liquidi, diconsi areometri a volume costante, e si applicano alla determinazione del peso specifico tanto dei solidi, quanto dei liquidi. Gli altri sono detti a peso costante, perchè il loro peso non si altera con pesi addizionali, e servono solo pe' liquidi.

Di grandissimo uso sono nel commercio e nell'industria gli areometri a peso costante, non destinati alla determinazione del peso specifico de' liquidi in generale, ma graduati in modo da far conoscere colla loro varia immersione la purezza o la concentrazione degli acidi, dell'alcool, del latte e di varii liquori. Un liquore, ad esempio, secondo che contiene più o meno sostanze zuccherine, è più o meno denso, e l'areometro s'immerge meno o più nel medesimo; l'alcool pesa più o meno a seconda dell'acqua che contiene; la mescolanza di due liquidi è più o meno densa dipendentemente dalla proporzione dei liquidi stessi. Or bene per ciascun liquore, per ciascuna mescolanza di due liquidi si costruisce un particolare areometro, e lo si gradua in modo, che dal grado suo d'immersione si può tosto dedurre in quale misura sta lo zucchero o l'acqua in quel liquore, in quale proporzione stanno i due liquidi nella mescolanza.

58. **Globi aerostatici.** — Il primo globo aerostatico, invenzione dei fratelli Montgolfier, fu visto innalzarsi ad Annonay, in Francia, nel 1783. Pel principio d'Archimede un corpo più leggiero specificamente che l'aria deve salir su nella medesima, come farebbe un pezzo di sughero nell'acqua. Su questo principio sono fondati

i globi aerostatici. I fratelli Montgolfier fecero un grande globo di carta, che gonfiarono con aria riscaldata accendendovi sotto il fuoco. Il globo ha un'apertura inferiore, entro la quale si pongono sostanze combustibili messe in modo, che non possa il fuoco comunicarsi al globo. Questo fuoco serve a mantener calda l'aria interna. La carta, che forma l'inviluppo, essendo specificamente più pesante che l'aria, da se sola cadrebbe; ma l'insieme della carta e dell'aria interna riscaldata forma un tutto specificamente più leggiero che l'aria, ed è perciò, che si sostiene e sale in questa.

Charles sostituì bentosto all'aria riscaldata l'idrogeno, detto allora aria infiammabile, pesante 14 volte circa meno che l'aria. Invece di fare il globo con carta, si costruisce più sicuro e resistente con taffetà verniciato. La navicella in cui salgono gli aeronauti è appesa al globo per corde di seta intrecciate a modo di rete, che avviluppa l'intiero globo.

Dal 1783 in poi si fecero migliaia e migliaia di ascensioni aerostatiche in tutte le parti del mondo. La direzione del globo di basso in alto e d'alto in basso è facile ad ottenersi a beneplacito dell'aeronauta. Lo stesso non può dirsi della direzione laterale, che non si ottenne finora a cagione della grandissima resistenza, che oppone l'aria al movimento di una gran mole, come è quella de' globi aerostatici.

L'aeronauta partendo da terra porta con sè della zavorra, che getta giù allorquando vuole alleggerire il pallone e salire più alto. Per scendere poi, apre con una corda una valvola posta nella parte superiore del globo. Il gas esce, ed il globo discende.

Coi globi aerostatici si fecero ascensioni fino all'altezza di 8 a 9 chilometri. A quell'altezza provansi gl'incomodi del freddo e della troppo debole pressione atmosferica.

La storia dell'aeronautica registra molte ascensioni infelici; ma l'aeronauta pratico e prudente sale nelle regioni dell'aria colla sicurezza, con cui camminiamo sul suolo, e non ha nulla a temere. Ecco qui una breve nota di alcune ascensioni più o meno disastrose.

Prima che gli uomini ponessero a rischio la propria vita nei globi aerostatici, si fece fare a Versailles una ascensione ad un montone, un'anitra ed un gallo.

Pilâtre de Rosier, e d'Arlandes furono i primi a salire in palloni attaccati con corde, poi anche a pallone perduto nel 1783; uno di essi però avendo voluto una volta salire con due globi, uno ad aria calda e l'altro ad idrogeno, il fuoco s'appiccò al primo e si propagò al secondo, e l'aeronauta ne fu vittima.

Il conte Zambeccari fu il primo aeronauta che si vide in Inghilterra (1783). Lo seguirono Sadler e Lunardi.

Il duca d'Orleans con Robert fece nel 1784 un viaggio disastroso. Appena si furono elevati nell'aria, che il cielo si coprì di nubi e s'udì il rumor del tuono. Un turbine li avrebbe gettati a terra, se presto non gettavano via della zavorra. Più alto la diminuita pressione dell'aria ed il calor del sole fecero gonfiare il pallone, sicchè minacciava di rompere. Essendosi rotta la corda della valvola, il duca squarciò alquanto il pallone colla spada onde perdere un po' di gas, il quale uscendo allora con impeto, gli aeronauti finirono per cadere in uno stagno, ma si salvarono la vita.

Blanchard salì la prima volta in Parigi nel 1784 con un timoroso ed imprudente, che gli cagionò molti pericoli. Lo stesso nel 1785 col dottore Jefferies vollero attraversare la Manica. A metà strada si trovarono senza zavorra, e per non cadere in mare furono costretti a gettar via le corde, gli strumenti, le provvisioni di bocca, e legandosi per la cintura alla rete, erano già lì per lasciar cadere persino la navicella, quando discesero presso Calais, dove in memoria dell'avvenimento fecero innalzare una piramide.

Il maggiore Money cadde per la rottura del pallone nel mare di Alemagna, dove dopo cinque ore di pericolo fu liberato da una nave.

Testu a Parigi nel 1786, temendo la rottura del pallone, discese in un campo di grano, nel quale molti contadini accorrendo, produssero un guasto considerevole. Il padrone del campo in compensazione del danno tenta

d'impadronirsi del pallone. L'aeronauta tagliò le corde, e salì di nuovo in mezzo alle nubi ed ai fulmini, e non discese che il mattino seguente 50 miglia distante dal luogo di partenza.

Nel 1787 si fece discendere un cane in un paracadute. È il paracadute un apparato, che si apre come un parapioggia, ed è munito inferiormente di una navicella, dove si mette l'aeronauta.

Sadler cadde per ben due volte in mare, a Bristol nel 1810, a Dublino nel 1812.

La signora Blanchard in un'ascensione notturna fatta a Parigi nel 1819 accendeva fuochi d'artifizio. Un razzo diè fuoco al pallone ed ella fu trovata morta sul tetto di una casa.

Nel tempo della rivoluzione francese si creò un corpo d'aeronauti. Alla battaglia di Fleurus alcuni ingegneri si elevarono per osservare le posizioni del nemico.

Nel 1840 Comaschi propose agli scienziati italiani, radunati nel congresso di Torino, di fare un'ascensione in mezzo alle nubi temporalesche per decidere sul posto quale delle moderne teorie della formazione della grandine sia da preferirsi. La proposta non fu accettata.

Lo stesso Comaschi in un'ascensione fatta nell'occasione delle nozze dell'attuale Re d'Italia andò a discendere sulla collina di Moncalieri, ove alcuni soldati della brigata Savoia, credendo ciò che vien dal cielo proprietà del primo occupante, nella disputa tagliarono il pallone a pezzi e resero malconcio l'aeronauta.

L'ultima ascensione di questo ardito viaggiatore aereo fu fatta a Costantinopoli. Ei non discese più, o piuttosto egli ebbe forse una seconda edizione accresciuta dal fatto di Moncalieri. Il fatto è che non si ebbe più traccia della sua esistenza.

Qualche settimana fa (1869), presso Firenze, l'areonauta Godard al termine di un suo viaggio aereo stava vuotando del gas il pallone. Alcuni imprudenti si avvicinarono di troppo coi sigari accesi; l'aria detonante, che si formò d'intorno, prese fuoco; avvenne una forte esplosione, ed il pallone fu distrutto.

Le principali ascensioni dei nostri giorni, più che a soddisfare alla curiosità del volgo, si propongono per iscopo lo studio fisico dell'atmosfera e la determinazione degli elementi meteorologici.

CAPO III.

DELL'ACUSTICA

ossia

DELLA PARTE DELLA FISICA CHE TRATTA DEL SUONO

59. **Origine del suono.** — Il suono non è altro che l'effetto di movimenti vibratorii, che si rendono a noi sensibili per mezzo dell'organo dell'udito. Allorchè un corpo viene percosso, le sue particelle cambiano di posizione rispettiva, ma per l'elasticità ritornano tosto alla posizione primitiva, e vi arrivano con una velocità, in virtù della quale esse oltrepassano la posizione stessa, ed oscillano intorno a questa più o meno rapidamente, come fa un pendolo. Simili vibrazioni si trasmettono dal corpo all'aria ambiente, e vengono da questa trasmesse al nostro orecchio. Tale è l'origine del suono.

Che sia necessario un moto vibratorio per la produzione e trasmissione del suono si prova da ciò, che sempre il suono è accompagnato dalle vibrazioni del corpo, che lo produce, e tolto il mezzo, che trasmette a noi il movimento vibratorio, cessa di sentirsi ogni suono.

Infatti si percuota una campana e vi si accosti la punta di una spilla: si sentirà un fremito proveniente dagli urti della campana vibrante contro la spilla. Una corda non manda suono, ov'essa non vibri rapidissimamente, e le vibrazioni sue si rendono sensibili con pezzetti di carta posti a cavalcioni sulla corda stessa. Si copra di un leggiero strato di sabbia una lastra che

mandi suono, e si conoscerà dai movimenti della sabbia, che la lastra vibra. Tolgasi l'aria, che circonda il corpo sonoro, ed il suono non sarà più sensibile. Per fare questa sperienza si pone una sveglia sotto al recipiente della macchina pneumatica sopra un cuscino di bambagia. Estratta l'aria non sentesi più il suono, ancorchè si vegga il martello battere sulla campana della sveglia. Introdotta l'aria, torna a sentirsi il suono.

60. **Propagazione del suono per mezzo de' corpi solidi, liquidi e gassosi.** — Nella sperienza precedente si è detto di mettere la sveglia sopra un cuscino di bambagia, e ciò collo scopo di spegnere maggiormente l'effetto delle vibrazioni del corpo sonoro, senza di che queste avrebbero potuto trasmettersi all'aria esterna per mezzo delle parti solide della macchina. Ed invero non solo l'aria, ma ancora tutti i corpi solidi, liquidi e gassosi possono condurre il suono. Un grido fatto in una camera perfettamente chiusa sentesi anche di fuori, trasmesso dalle pareti della camera. Un colpo di spilla contro una estremità di una lunga trave sentesi distintamente da chi applica l'orecchio all'altra estremità. Un colpo di pietra su di un palo di una linea telegrafica sentesi da chi applica l'orecchio a un altro palo della stessa linea ad una distanza molto maggiore di quella, a cui si rende sensibile lo stesso suono trasmesso dall'aria; sono i fili telegrafici, che trasmettono le vibrazioni di palo in palo. I pesci fuggono udendo i rumori esterni all'acqua. Una pietra, che cada nell'acqua, percuote il fondo, e sentesi di fuori il suono. Conviene dunque conchiudere, che il suono può propagarsi a traverso a tutte le materie.

61. **Velocità del suono nell'aria.** — La velocità del suono nell'aria alla temperatura di zero gradi è di 333 metri per minuto secondo. Si trova tale velocità facendo sparare pezzi d'artiglieria ad una distanza nota, ed osservando il tempo che passa fra l'esplosione della polvere e l'arrivo del suono. Fondasi questo metodo su ciò, che la velocità della luce è talmente grande, che il tempo da essa impiegato a percorrere la distanza, a

cui si può sentire un colpo di cannone, è minimo ed affatto trascurabile. Sparisi dunque un cannone ad una distanza nota da noi, ed osserviamo l'intervallo di tempo, che impiega il suono a percorrere tale distanza. Il quoziente di questa distanza divisa pel tempo osservato esprimerà la velocità del suono.

Le prime sperienze per determinare la velocità del suono furono fatte in Italia dagli accademici del Cimento. Le medesime furono poi ripetute in varii luoghi, e si trovò:

1° Che il suono cammina con moto uniforme, poichè determinandone la velocità per distanze differenti, si trova sempre il medesimo risultato;

2° Che il vento fa crescere o diminuire questa velocità di una porzione eguale alla velocità sua propria secondo che è cospirante o contrario;

3° Che la velocità del suono è indipendente dallo stato del cielo e dalla pressione barometrica;

4° Che questa velocità cresce col crescere della temperatura, cosicchè mentre a zero gradi essa è di 333 metri per secondo, a 16 gradi essa è di 340 metri.

62. **Applicazioni.** — Conoscendo la velocità del suono nell'aria, noi possiamo in molti casi tirar partito di questo elemento per determinare la distanza di oggetti da noi lontani senza misurarla direttamente. In guerra gli ufficiali deducono la distanza di una batteria nemica contando i minuti secondi, che passano tra l'esplosione della polvere e l'arrivo del suono di ciascun pezzo. La larghezza d'un lago, di un braccio di mare, la distanza di due paesi, ecc., si possono determinare collo stesso metodo, purchè in una delle due stazioni si trovi l'osservatore, e nell'altra, di cui si cerca la distanza dalla prima, si generi un suono sensibile all'osservatore, e di cui questi possa conoscere l'istante della partenza. Contate i secondi, che passano tra il lampo ed il tuono, e voi dedurrete la distanza del fulmine.

È chiaro che tutte le distanze nominate equivalgono a tante volte 333 metri, quanti sono i secondi impiegati dal suono a percorrerle. I secondi poi si contano anche

senza orologio, sapendo che i medesimi sono prossimamente misurati dalle pulsazioni delle nostre arterie.

63. **Velocità del suono in mezzi qualunque.** — La velocità del suono ne'mezzi diversi dall'aria è diversa dalla precedente. Così nel gas idrogeno, per esempio, essa è di 1269 metri per secondo; nel gas ossigeno di 317 metri; nel gas acido carbonico di 262 metri. A traverso ai liquidi ed ai solidi il suono si propaga in generale più celeremente che ne' gas. Nell'acqua, ad esempio, esso propagasi colla velocità di 1435 metri per secondo. In alcuni solidi la velocità del suono è ben 15 o 20 volte maggiore che nell'aria.

64. **Altezza de' suoni.** — Ne' suoni distinguonsi tre qualità fisiche, le quali sono l'*altezza,* ossia il tono, l'*intensità* e la *tempera.* L'altezza è la qualità per cui un suono può essere più o meno acuto, più o meno grave. La scala musicale è formata da una successione di suoni di varia altezza, cominciando dal più grave fino al più acuto suono musicabile.

L'altezza dipende dalla celerità delle vibrazioni del corpo sonoro. Se le vibrazioni del corpo non sono che quindici, venti o trenta per minuto secondo, il suono che ne nasce è gravissimo ed appena sensibile. Il tono del suono cresce di un'ottava ad ogni raddoppiarsi della celerità delle vibrazioni. Allorchè queste raggiungono il numero di trenta o quarantamila per secondo, il suono che ne deriva è tanto acuto, che a mala pena si può ancora sentire.

Le vibrazioni de' corpi sonori, ancorchè rapidissime, si possono contare una per una con varii metodi, quali sono, per esempio, la ruota a piuoli di Stancari, la ruota dentata di Savart, la sirena di Cagniard-la-Tour, ecc.

65. **Intensità.** — L'intensità è l'energia maggiore o minore, con cui un suono di qualunque altezza si fa sentire. Essa non dipende dalla velocità delle vibrazioni, ma dall'ampiezza di queste, ossia dalla maggiore o minore lunghezza della linea percorsa con moto alternativo dalle particelle vibranti de' corpi sonori.

Allorchè il suono si propaga sfericamente intorno al

centro sonoro, l'intensità sua varia in ragione inversa de' quadrati delle distanze dal detto centro; vale a dire se alla distanza *uno* (metro o decametro o quel che volete) dal centro sonoro l'intensità ha un certo valore, alla distanza 2, 3, 4, ecc., l'intensità del suono stesso ha un valore che è rispettivamente un quarto, un nono, un sedicesimo, ecc., di quello che corrisponde alla distanza *uno*. Quindi si comprende come un suono si sente tanto più debolmente, quanto più è ricevuto a maggior distanza dal sito di sua origine, e al di là di un certo limite la sua intensità diviene così piccola, che esso non è più sensibile.

Un suono, che propaghisi lungo un tubo, conserva maggiormente la sua intensità, e ancorchè debole, può nel tubo trasmettersi in modo sensibile a grandi distanze. Su questo principio sono fondati i *portavoce* o *telegrafi fonici*.

66. **Tempera.** — La tempera, che alcuni dicono pure *timbro* e *metallo*, è quella qualità per cui un suono si distingue da un altro, ancorchè generato dallo stesso numero di vibrazioni e avente la medesima intensità. Così un flauto e una tromba possono dare una medesima nota musicale, ma si distinguerà pur sempre l'un suono dall'altro per la diversità di tempera che hanno.

67. **Eco, o riflessione del suono.** — Le onde sonore incontrando una superficie resistente, o meglio la superficie di separazione di due mezzi di diversa elasticità, si riflettono rimbalzando come farebbe una palla elastica percuotendo contro un muro. L'eco non è altro che un suono riflesso.

L'eco può ripetere una volta sola o più volte un medesimo suono; se lo ripete una volta sola, ella dicesi eco *unifona;* se più volte, *polifona* o *moltipla*. L'eco sia unifona, sia polifona, talvolta ripete solo l'ultima sillaba della parola che si pronuncia, e dicesi *monosillaba*, talvolta ripete più sillabe, e dicesi *polisillaba*.

L'eco unifona ha luogo se il suono si ripete una volta sola; l'eco polifona poi si osserva solo là, dove il suono si riflette più volte su due o più superficie.

Perchè possa aversi l'eco monosillaba è necessario che la superficie riflettente sia almeno alla distanza di 15 a 20 metri dall'osservatore. Ad una distanza minore il suono riflesso si confonde col diretto, e l'eco non è più possibile; ha luogo allora la *risuonanza.*

Si citano molti esempi di eco, che ripetono molte sillabe. Abbiamo sul Biellese, al santuario di Graglia, un'eco, che ripete distintamente un intiero verso endecasillabo ed anche due se si pronunciano fortemente ed in tutta fretta. Un bell'esempio poi di eco polifona si ha sotto il ponte della Dora presso Torino (il magnifico ponte Mosca). Un grido, un colpo di mano o di pistola viene ripetuto 15, 20 ed anche 40 e più volte, secondo le circostanze.

CAPO IV.

DEL CALORE

§ 1. *Della dilatazione de' corpi e di alcune sue applicazioni.*

68. **Dilatabilità.** — La dilatabilità è quella proprietà per cui tutti i corpi cambiano di volume col cambiare della loro temperatura, cioè col cambiare del loro grado di caldo o di freddo. In generale il riscaldamento fa crescere il volume de' corpi, ed il raffreddamento lo fa diminuire. Suolsi provare questa verità pe' corpi solidi riducendoli in forma di sfera, la quale alla temperatura ordinaria passi esattamente in un anello metallico (*figura* 28). Si faccia riscaldare la sfera, e si vedrà ch'ella non

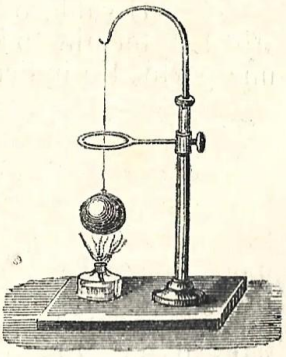


Figura 28

passa più a traverso l'anello; lasciata raffreddare torna a passarvi. Si prova la medesima cosa riducendo i corpi

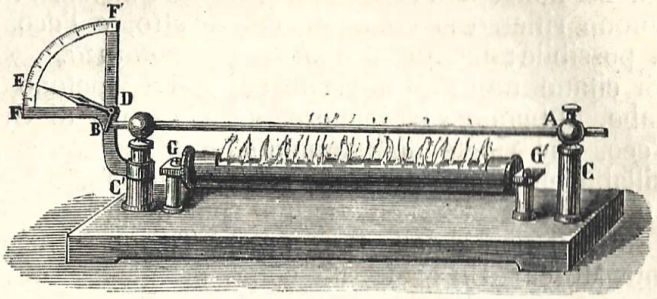


Figura 29

in forma di spranga AB (*figura* 29) collocata orizzontalmente su due appoggi C, C', col capo A fisso, e col capo B scorrevole. Sotto la spranga in un lungo vaso G, G' si accende dell'alcool. Allungandosi la spranga, il suo allungamento si fa dalla parte di B, e si rende sensibile con una leva, di cui un braccio cortissimo BD si appoggia contro il capo libero della spranga, e l'altro più lungo DE descrive sopra un quadrante FF' archi sensibilmente proporzionali all'allungamento della spranga.

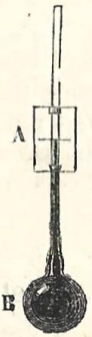


Figura 30

Ne' liquidi si prova la dilatabilità facendoli riscaldare o raffreddare in un vaso B (*fig.* 30) terminato in collo stretto, di cui essi riempiono una parte. Un indice A di carta segna sul collo il livello del liquido, il quale si vedrà tosto cambiare appena riscaldato o raffreddato il vaso B.

Figura 31

Gli stessi vasi, ove terminino in collo strettissimo, servono a provare la dilatabilità dei gas; per tale effetto si riempiono essi del gas, e si fa penetrare nel collo in *a* (*fig.* 31) una goccia di mercurio, che separi il gas interno dall'aria esterna. Per poco che si riscaldi o

si raffreddi il gas, si manifesta tosto collo scorrere dell'indice di mercurio nel tubo il cambiamento del suo volume.

69. **Risultati sperimentali intorno alla dilatazione.** — I fisici con isperienze di vario genere misurarono la dilatazione di tutti i corpi noti corrispondente a determinati aumenti di temperatura, e trovarono: 1° che la dilatabilità dei corpi può variare grandemente da corpo a corpo; 2° che la medesima è regolare per alcuni corpi, irregolare per altri; cioè per alcuni corpi gl'incrementi di volume sono proporzionali agl'incrementi di temperatura, e per altri no; 3° che in generale i liquidi hanno una dilatabilità pochissimo regolare; il mercurio però fa eccezione, poichè per variazioni di temperatura non troppo estese egli si dilata regolarmente; 4° che un poco più regolare è la dilatabilità di gran parte de' solidi, specialmente dei metalli; 5° che regolarissima poi, e quasi la stessa per tutti, è la dilatabilità dei gas.

Del resto per tutti i corpi la dilatazione è sempre una quantità piccolissima in confronto delle dimensioni dei corpi stessi. Così pel vetro e pel platino l'aumento di lunghezza per ogni grado centesimale non arriva a nove milionesimi della lunghezza del corpo; per l'acciaio e pel ferro esso è un po' più di un centomillesimo; pel rame, l'ottone, il piombo e lo zinco esso raggiunge quasi due centomillesimi. Il volume del mercurio cresce di 1 su 5550 per ogni grado; quello dell'aria di 1 su 273.

70. **Dilatazione dell'acqua.** — L'acqua si dilata molto irregolarmente; anzi riscaldata da 0 fino a 4 gradi essa, invece di crescere di volume, si restringe condensandosi; da 4 gradi poi in su la si dilata. Quindi l'acqua ha la sua massima densità a 4 gradi. A qualunque altra temperatura ella è specificamente più leggiera di quello che sia a questa di 4 gradi. Egli è per questa ragione, che nell'inverno le acque cominciano in generale sempre a gelare alla superficie; egli è pure per questa ragione, che anche nei mari gelati delle zone polari è possibile la vita animale, conservandosi sotto ai monti di ghiaccio l'acqua liquida ad una temperatura, che può raggiungere i quattro gradi. Pertanto l'acqua da quattro

gradi in giù raffreddandosi si dilata, e si dilata ancora di più nel congelarsi, cosicchè il ghiaccio riesce specificamente più leggiero che l'acqua; in vero egli galleggia su questa. Ciò spiega la rottura dei vasi, in cui si congela l'acqua, e lo squarciarsi delle rupi pel ghiaccio che si forma nelle loro fessure.

71. **Forza del calore.** — Il calore nel far dilatare di una quantità determinata un corpo esercita una forza, la quale si può ritenere come equivalente alla forza di trazione, che produrrebbe nel corpo un'eguale dilatazione; e la forza che si sviluppa per sottrazione di calore nel restringimento dei corpi è equivalente ad una pressione capace di produrre il medesimo restringimento. In questo senso si trova che grandissima è la forza del calore; e ben tirarono partito in molti casi di questa forza gl'ingegneri, come fece tra gli altri Molard, il quale se ne servì per restituire alla verticale due muri opposti in una galleria del Conservatorio d'arti e mestieri a Parigi, i quali minacciavano di rovinare verso l'esterno della galleria. Fatti attraversare i muri da spranghe di ferro terminate esteriormente da viti, egli faceva riscaldare queste spranghe, ed a misura che le medesime si allungavano pel caldo, invitava esteriormente le madreviti, serrandole su larghi scudi contro il muro. Nel raffreddarsi le spranghe si restringevano, e facevano riaccostare i muri opposti.

In modo analogo l'ottimo mio amico ingegnere Peyron riuscì ad aggiustare la sala ellittica del parlamento subalpino nel palazzo Carignano, nella quale, forse in seguito all'esplosione della polveriera di Porta Palazzo, si erano formate due fessure verticali opposte, cosicchè l'edifizio minacciava di aprirsi. Fasciata tutt'intorno la sala a due altezze differenti con isbarre di ferro serrate con cunei, il signor Peyron fece riscaldare con carboni ardenti una delle fasciature, ed a misura che le sbarre si allungavano faceva battere i cunei per mantener serrata la fasciatura anche a caldo. Raffreddatasi poi, la fasciatura si restrinse, facendo riavvicinare i muri opposti; e battendo i cunei dell'altra fasciatura, si accrebbe la stabilità dell'aggiustamento fatto.

Un utile partito pure si tira della varia dilatabilità dei corpi nella costruzione degli orologi regolatori. Per esempio negli orologi a pendolo la regolarità del movimento è conservata dalla proprietà, che ha il pendolo di lunghezza costante, di fare le sue oscillazioni tutte di egual durata. Ma il calore fa allungare ed accorciare il pendolo, dal che ne nasce che l'orologio ora ritarda ed ora si accelera nel suo moto. Sospendendo la lente del pendolo ad un sistema di spranghe alternate d'acciaio e di ottone, come mostra la figura 32, così disposte che quelle di ottone, che maggiormente si dilatano pel calore, si allunghino all'insù, e quelle d'acciaio, meno dilatabili, all'ingiù, si riesce a costruire dei pendoli di lunghezza costante, comunque varii la temperatura, a cui sono esposti. In questa, come pure in molte altre maniere, ottiensi la compensazione degli orologi.

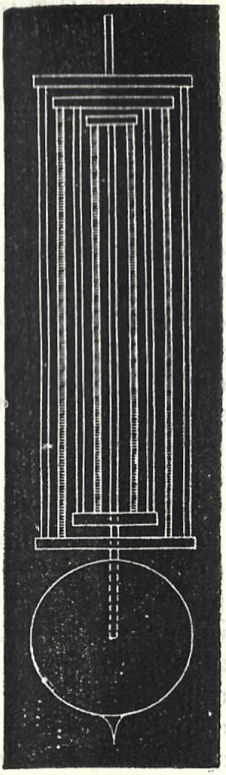


Figura 32

§ 2. *Del termometro.*

72. Corpi termometrici. — Il termometro è uno strumento destinato alla misura de' gradi di caldo e di freddo, o per meglio dire, semplicemente di caldo, poichè il freddo non è cosa esistente da sè, ma solo diminuzione di caldo. Il freddo assoluto, ossia la privazione assoluta di caldo non si conosce; e se noi sentiamo freddo un corpo che tocchiamo, egli è solo perchè la sua temperatura è inferiore a quella della mano. I principali termometri sono fondati sulla dilatazione più o meno regolare dei corpi. I termometri possono essere fatti con corpi solidi, liquidi e gassosi. I termometri più comuni sono a mercurio o ad alcool. Il termometro a mercurio è preferibile a quello ad alcool per la maggiore

regolarità della dilatazione del mercurio. Questo metallo gela a 40 gradi di freddo, e bolle a 350 di caldo; onde serve alla misura di temperature estesissime. L'alcool invece, che bolle a 78 gradi, non gela per nessun freddo conosciuto; quindi il termometro ad alcool serve per la misura delle temperature bassissime.

73. **Termometro a mercurio.** — Un tubo di vetro di piccolo diametro interno e ben calibrato, terminato ad un'estremità da una capacità in forma di bolla o di cilindro, e chiuso all'altra estremità, è ripieno di mercurio ben purgato fino a metà circa della sua lunghezza. Per poco che si riscaldi il mercurio della bolla, vedesi tosto il suo livello moversi nel tubo ascendendo. Mettiamo la bolla del termometro nel ghiaccio fondente; il mercurio discenderà fino ad un certo punto, ove rimarrà stazionario finchè dura la fusione del ghiaccio. Per quante volte ed in qualunque circostanza si ripeta questa sperienza, si vedrà sempre il mercurio rendersi stazionario al medesimo punto del tubo. Ciò prova l'invariabilità della temperatura a cui fonde il ghiaccio, e questa proprietà del ghiaccio si prende per base della graduazione del termometro. Quel punto, ove il livello del mercurio si arresta essendo il termometro nel ghiaccio fondente, segnasi *zero* gradi, o 0. L'acqua poi, come indicherò più tardi, sotto pressione costante bolle sempre alla medesima temperatura. Si faccia adunque bollire dell'acqua sotto la pressione di un'atmosfera (art. 15), e messovi dentro il bulbo del termometro, il mercurio si eleverà nel tubo, ed il suo livello si renderà stazionario ad un punto che segnasi cento gradi, o 100.

Lo spazio compreso tra i due punti 0 e 100, così determinati si divide in 100 parti eguali dette *gradi*, e si prolungano le divisioni sopra e sotto per tutta la lunghezza del tubo. I gradi sopra lo zero si dicono di caldo e si riguardano come positivi; quelli di sotto si dicono di freddo, e riguardansi come negativi. Onde frequentemente incontransi le indicazioni termometriche precedute nella scrittura dai segni + o — (*più* o *meno*). La parola *gradi* esprimesi col segno ° scritto a destra

del numero indicante i gradi stessi. Così + 5° indica cinque gradi di caldo; —7°, sette gradi di freddo; 0°, zero gradi; 1°, un grado.

Il termometro così graduato dicesi *centigrado*, o *centesimale*, o di Celsio.

74. **Termometro ad alcool.** — Il termometro ad alcool è come il precedente, e contiene dell'alcool al posto del mercurio. Siccome però l'alcool bolle a temperatura inferiore a 100°, così la graduazione di questo termometro si fa confrontandolo con un termometro a mercurio ben graduato.

75. **Differenti graduazioni.** — Presso di noi oltre alla divisione centesimale si adopera pure frequentemente la divisione ottuagesimale, detta di Réaumur. In essa la temperatura dell'acqua bollente è segnata 80°, e lo spazio tra 0 e 80° è diviso in 80 parti eguali, e le divisioni si prolungano sopra e sotto come nel termometro centesimale.

I termometri comuni, che trovansi in commercio, portano insieme riunite le due divisioni centesimale ed ottuagesimale; quelli che se ne servono hanno sempre il fastidio di distinguere l'una graduazione dall'altra.

Gli scienziati hanno ormai abbandonato l'uso della divisione ottuagesimale, e sarebbe a desiderarsi che i costruttori di termometri applicassero a questi la sola scala centesimale.

Gl'inglesi adoperano il termometro di Fahrenheit, nel quale la temperatura del ghiaccio fondente è segnata 32°, e quella dell'acqua bollente 212°. Lo spazio compreso fra questi due punti si divide in 180 parti o gradi.

I gradi centesimali si riducono in gradi ottuagesimali moltiplicandoli per 4 e dividendo poscia il prodotto per 5; ed in gradi inglesi moltiplicandoli per 9 e dividendo per 5.

I gradi ottuagesimali si riducono in centesimali moltiplicandoli per 5 e dividendo il prodotto per 4; ed in gradi inglesi moltiplicandoli per 9 e dividendo per 4.

I gradi inglesi si riducono in centesimali moltiplicandoli per 5 e dividendo il prodotto per 9; ed in ottuagesimali moltiplicandoli per 4 e dividendo per 9.

Per ridurre il numero dei gradi, segnati attualmente da un termometro inglese, nel numero dei gradi che segnerebbe alla medesima temperatura il termometro centesimale od ottuagesimale, prima di fare le moltiplicazioni e divisioni predette, bisogna sottrarre 32 dai gradi indicati dal termometro inglese. Viceversa si trova l'indicazione di un termometro inglese corrispondente a quella dei nostri termometri eseguendo su questa le operazioni predette e aggiungendo poscia 32.

76. **Altre specie di termometri o termoscopi.** — Si fanno pure termometri a gas ed a corpi solidi. Essi però sono meno adoperati che i precedenti.

Un termoscopio o termometro differenziale semplicissimo è quello di Leslie, rappresentato nella fig. 33. Esso consiste in un tubo di vetro in forma di U, terminato in due bolle A, B. Queste sono piene d'aria, e la massima parte del tubo è pieno d'alcool. Riscaldando una bolla più che l'altra, l'aria corrispondente acquista maggior forza elastica e fa discendere il liquido dalla parte della bolla più calda e salire dall'altra parte. Mettendo le bolle in contatto con due corpi inegualmente caldi, il liquido prenderà nel tubo tale posizione, che farà conoscere la differenza di temperatura dei due corpi.

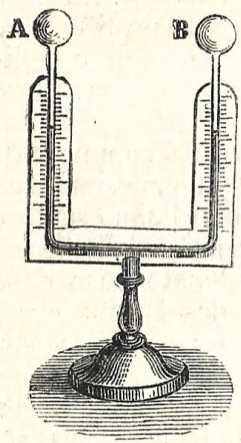


Figura 33

77. **Termometri a massimo ed a minimo.** — Questi termometri sono destinati a far conoscere la più alta e la più bassa temperatura che ha luogo in un sito durante un tempo determinato. Per questo effetto si costruirono molti e differenti apparecchi; il seguente di Rutherford è adoperato nella massima parte degli osservatorii meteorologici. Esso consiste in due termometri ordinari A, C (*fig.* 34) tenuti orizzontalmente, uno a mercurio (il superiore a massimi) e l'altro ad alcool (l'inferiore a minimi). Un cilindretto di ferro B, scorrevole

nel tubo del primo ed appoggiato al mercurio, è spinto da questo lontano dal bulbo A al crescere della temperatura, e rimane nella sua nuova posizione al ritirarsi del mercurio pel freddo. Nel secondo serve d'indice un cilindretto di smalto D scorrevole nel tubo e bagnabile nell'alcool. Contraendosi il liquido pel freddo, ei trascina seco per adesione l'indice verso il bulbo C; allungandosi invece la colonna liquida pel caldo, l'indice rimane al suo posto.

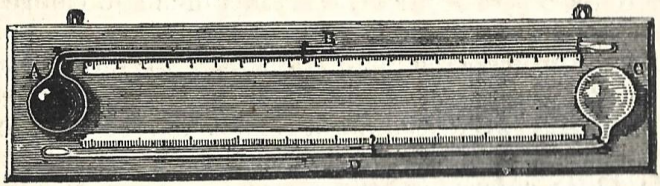


Figura 34

Vogliamo noi conoscere il massimo caldo ed il massimo freddo che ha luogo in un sito qualunque durante un tempo qualunque? Lasciamo l'apparecchio in quel sito e per tutto quel tempo, alla fine del quale l'indice B segnerà la massima e l'indice D la minima temperatura che vi ebbe luogo. Fatta l'osservazione si riconducono gl'indici alla posizione iniziale inclinando l'apparecchio e con qualche leggiera scossa.

§ 3. *Della misura del calore, e del calore specifico dei corpi.*

78. **Misura del calore.** — Quantunque non si conosca ancora bene ed in modo assoluto in che veramente consista il calore, si sa tuttavia che non tutti i corpi a parità di peso richiedono la stessa dose di calore per riscaldarsi dello stesso numero di gradi. Provatevi a mescolare insieme un chilogrammo di mercurio a 31° con un chilogrammo d'acqua a 0°. Il mercurio, più caldo, cederà del suo calore all'acqua più fredda, ed in breve la mescolanza si ridurrà ad una temperatura comune, che il termometro ci dice essere di 1°. La

temperatura del mercurio scemò dunque di 30° e quella dell'acqua crebbe di 1°; ma il calore perduto dal mercurio passò nell'acqua; quindi la quantità di calore perduto dal mercurio per l'abbassamento di 30° della sua temperatura fa innalzare di un solo grado la temperatura di un egual peso d'acqua. Possiamo pertanto conchiudere, che il calore, che fa riscaldare di un grado una quantità di acqua, fa riscaldare di 30° un egual peso di mercurio, od in altri termini, che a parità di peso il mercurio richiede 30 volte meno di calore che l'acqua per riscaldarsi dello stesso numero di gradi.

Altro è adunque la temperatura di un corpo, altro è il calore. Quindi alla domanda: *Quanto calore ci vuole per produrre un determinato effetto?* non soddisfarebbe la risposta: *Tanti gradi;* ma si potrebbe dire che ci vuole *tanto calore, quanto è necessario per elevare da tanti gradi fino a tanti gradi un determinato peso di un determinato corpo.*

I fisici sogliono prendere per unità di calore la quantità di calore, che ci vuole per riscaldare da 0° ad 1° (s'intende sempre centesimale) un chilogrammo d'acqua pura. A questa unità di calore fu imposto il nome di *caloria.*

79. **Calore specifico.** — I fisici chiamano calore specifico d'un corpo il numero delle calorie che ci vogliono per riscaldare da 0° fino ad 1° un chilogrammo di quel corpo. Quindi il calore specifico dell'acqua è 1, quello del mercurio *un trentesimo.*

Col mescolare insieme due a due le differenti sostanze a differenti temperature, e determinando col termometro la temperatura di ciascuna mescolanza in modo analogo a quello spiegato per l'acqua e pel mercurio nell'articolo precedente, i fisici determinarono il calore specifico di tutti i corpi conosciuti. Il calore specifico dell'acqua fu trovato maggiore di quello di tutti gli altri corpi (l'idrogeno eccettuato). Ciò vuol dire che a parità di peso e di circostanze bisognerà consumare più combustibile per riscaldare l'acqua, che non per riscaldare dello stesso numero di gradi qualunque altro corpo. Il calore

specifico del carbone di legno, ad esempio, è appena *un quarto*, quello dello zolfo *un quinto*, quello del ferro *un nono*, quello del rame un po' meno di *un decimo*, quello dell'argento *un ventesimo*, ecc.

§ 4. *De'cambiamenti di stato de'corpi.*

80. **Passaggio dallo stato solido al liquido.** — Il calore è quello che determina la fusione de'solidi. La sperienza ha fatto conoscere, che i corpi differenti fondono in generale a temperature differenti; ma per ciascun corpo la temperatura della fusione è determinata e costante. Così l'acqua solida, ossia il ghiaccio, fonde a 0°, il mercurio solido a —40°, la stearina da 43 a 49°, la cera bianca a 68°, lo zolfo a 110°, lo stagno a 230°, il piombo a 332°, l'argento a 1000°, l'oro a 1250°, l'acciaio ed il ferro da 1400 a 1600°.

Mettete un termometro in un vaso contenente del ghiaccio in fusione; egli vi segnerà 0° tanto per la temperatura del ghiaccio fondente, quanto per quella dell'acqua, che nasce dallo scioglimento del ghiaccio, cosicchè nell'atto della fusione la temperatura è la stessa nel corpo solido fondente e nel liquido proveniente dalla fusione. Ciò ha luogo per tutti i corpi. Eppure per generare la fusione è d'uopo comunicare nuovo calore al corpo. Dove va, o che fa questo calore, che determina la fusione e non fa crescere la temperatura? Notate, che questo calore, che fa fondere un corpo, e che diventa insensibile al termometro, raggiunge per molti corpi un valore considerevole. Così per far fondere un chilogrammo d'argento senza cambiarne la temperatura ci vogliono almeno 21 calorie; un chilogrammo di piombo ne richiede 28; uno di ghiaccio poco meno di 80. Per convincervi dell'esattezza di quest'ultimo numero, ad esempio, non avete che da mettere insieme in un vaso un chilogrammo di acqua ad 80° ed uno di ghiaccio a 0°. Dopo pochi minuti il ghiaccio sarà fuso, e voi avrete nel vaso due chilogrammi di acqua a 0°. Dunque tutto il calore, che ha perduto l'acqua nel raffreddarsi da 80

fino a 0°, si consumò nella fusione del ghiaccio; ma questo calore corrisponde ad 80 calorie, poichè (art. 76) un chilogrammo d'acqua richiede una caloria per riscaldarsi di un grado, e perde una caloria ad ogni grado di raffreddamento.

Il calore in tale maniera consumato nella fusione dei solidi fu detto *calore latente, calore di fusione* ed anche *calore di liquidità*. I fisici moderni lo considerano come calore che cessa di esistere sotto l'aspetto di calore, e che si trasforma in lavoro di disgregazione delle particelle solide de'corpi.

81. **Soluzione.** — Il passaggio de' corpi dallo stato solido al liquido si fa talvolta per soluzione, senza riscaldamento. Così lo zucchero, il sale di cucina, ecc., sciolgonsi nell'acqua. Anche nella liquefazione de'solidi per soluzione ha luogo assorbimento di calore, che si rende latente, e questo calore è dai corpi, che si sciolgono, tolto ai corpi vicini, i quali perciò si raffreddano. Su questo principio sono fondati i miscugli frigorifici.

82. **Miscugli frigorifici.** — Il più comune de'miscugli frigorifici è formato di ghiaccio pesto e di sale di cucina, due corpi che si sciolgono a vicenda, e che producono per ciò una notevole sottrazione o distruzione di calore. Con questo miscuglio si fanno ghiacciare i sorbetti e varie sostanze alimentari. Circondando un corpo con un miscuglio fatto di parti eguali di ghiaccio pesto e sale di cucina, lo si può raffreddare fino a 15 o 18° sotto lo zero. Svariatissimi sono i miscugli frigorifici, ed il massimo freddo che coi medesimi possiamo ottenere può raggiungere i 60 o 70 gradi. Eccone uno in cui non entra ghiaccio: otto parti di solfato di soda con cinque di acido idroclorico. Eccone un altro: tre parti di solfato di soda con due di acido nitrico dilungato.

83. **Passaggio dallo stato liquido al solido.** — La solidificazione de'liquidi si fa per sottrazione di calore. Giunto un liquido, per raffreddamento, alla temperatura a cui si è formato per la fusione, esso può cominciare a solidificarsi. Non ne segue però, che non possa il corpo conservarsi liquido anche ad una temperatura di

alcuni gradi inferiore a questa. Così l'acqua si forma per la fusione del ghiaccio a 0°; a questa temperatura può l'acqua cominciare a congelarsi. Osservasi però frequentemente l'acqua allo stato liquido anche a tre o quattro gradi sotto allo zero. Si può pure con artifizi conservarla liquida a temperature molto inferiori ancora.

Nel congelarsi i liquidi emettono e rendono sensibile il calore, che avevano reso latente nel passaggio inverso. Questa cosa spiega in parte la mitezza degli inverni nei paesi ove trovansi grandi estensioni acquee, ed il rapido elevarsi della temperatura invernale col cader della neve.

84. **Passaggio dallo stato liquido all'aeriforme.** — I liquidi posti nel vacuo od in un'aria non troppo carica di vapori provenienti dai liquidi stessi, si volatilizzano, ossia si evaporano più o meno a qualunque temperatura. La causa determinante dell'evaporazione è il calore. La quantità de'vapori, che si formano da un liquido in un tempo determinato, dipende: 1° dal grado di temperatura del liquido; 2° dall'estensione della superficie libera del liquido stesso; 3° dall'ampiezza dello spazio in cui passano i vapori formati; 4° dalla quantità de'vapori dello stesso liquido già contenuti in questo spazio; 5° dalla pressione.

La quarta condizione ci fa conoscere la ragione, per cui le sostanze umide esposte all'aria si essiccano più facilmente soffiando il vento, che non quando l'aria è tranquilla. Il vento porta via i vapori formati, e rende più facile l'evaporazione, e perciò anche il prosciugamento.

La pressione influisce in modo più speciale sul grado di temperatura dell'ebollizione de'liquidi.

85. **Ebollizione.** — Allorchè accendiamo il fuoco sotto ad una pentola contenente un liquido, lo strato inferiore di questo si dilata pel calore, diviene più leggiero e sale, lasciando il posto agli altri strati, che vengono alla loro volta successivamente a riscaldarsi a più vicende. Questo movimento intestino del liquido, che si può rendere sensibile con un po' di segatura di legno messavi dentro, si va accelerando a misura che cresce l'azione del calore.

Pervenuto lo strato inferiore del liquido ad una certa temperatura comincia a svilupparsi in esso un po' di vapore, il quale si riunisce in bollicine, e per la sua leggerezza sale rapidamente a traverso al liquido, producendo in questo un sibilo, per cui diciamo ch'egli comincia a friggere. Continuando a crescere la temperatura e quindi anche l'elasticità de' vapori, questi finiscono per salire a traverso alla massa liquida più impetuosamente, generando in essa quell'agitazione che chiamiamo ebollizione.

Egli è chiaro che il vapore dello strato inferiore non può svilupparsi e salire, se non quando la sua forza elastica sia tale da vincere la pressione dell'aria e del liquido soprastante. Quindi apparisce, che la temperatura dell'ebollizione deve variare col variare della pressione.

Ciò spiega perchè l'acqua nel vuoto bolle anche alla temperatura ordinaria, e sotto forti pressioni, come nelle caldaie delle macchine a vapore e nel digestore di Papin non entra in ebollizione, ancorchè portata a temperature elevatissime. In questo caso i vapori chiusi nella caldaia o nel digestore impediscono colla loro forza elastica la formazione di nuovi vapori e l'ebollizione.

Quindi a diverse altezze sopra il livello del mare l'acqua deve bollire a temperature differenti, come risulta dalla seguente tavola:

Nomi de' luoghi	Altezza sul livello del mare *Metri*	Altezza media barometrica *Millimetri*	Temperatura dell'ebollizione dell'acqua
Monte Bianco	4771	417	84°
Città di Quito	2908	527	90·1
Ospizio di S. Gottardo . .	2075	586	92·9
Brianzone	1360	645	95·6
Madrid	608	704	97·8
Torino (specola dell'Accad.) .	230	738	99·1
Milano (giardino botanico) .	128	748	99·5
Roma (Campidoglio) . . .	16	756	99·8

Varia pure grandemente, sotto una medesima pressione, la temperatura dell'ebollizione de'diversi liquidi.

Così mentre sotto un'atmosfera l'acqua bolle a 100°, l'etere solforico bolle a 37, l'alcool ad 80, lo zolfo a 299, l'acido solforico a 310, l'olio di lino a 316, il mercurio a 350, ecc.

86. **Calore latente di elasticità.** — Nell'ipotesi che la pressione esercitata sul liquido rimanga costante, le circostanze, che accompagnano il passaggio de' liquidi bollenti allo stato gassoso, sono le stesse che quelle della fusione de'solidi, vale a dire invariabilità di temperatura, ed assorbimento di calore reso latente, e detto *calore di elasticità* o di *volatilizzazione*. Per ogni chilogrammo d'acqua il calore di volatilizzazione sotto la pressione di un'atmosfera è di 537 calorie; vale a dire per far passare un chilogrammo d'acqua bollente a 100° allo stato di vapore pure a 100° ci vogliono 537 calorie, cosicchè il calore che richiede una massa d'acqua in questo passaggio è sufficiente per elevare da 0° a 100° la temperatura di una massa d'acqua cinque volte e un terzo maggiore di quella.

87. **Freddo artificiale.** — I liquidi pertanto per evaporarsi hanno bisogno di calore, il quale, quando non è loro direttamente comunicato da una qualche sorgente, viene dai medesimi sottratto ai corpi più vicini. Ciò somministra la ragione di varii fatti, quali sono la frescura che si sente quando bagniamo le mani nell'acqua od in qualche liquido volatile, e quella che si produce in una camera, in cui siasi spruzzato dell'acqua. Coll'evaporazione di liquidi molto volatili, quali sono l'acido solforoso e l'acido carbonico artificialmente liquefatti, si ottengono le più basse temperature finora osservate. Faraday raffreddò in questo modo l'alcool di un termometro fino a 110° sotto lo zero.

88. **Liquefazione de'vapori.** — I vapori possono ritornare allo stato di liquidità sia per una diminuzione della loro temperatura, sia per una compressione che li condensi oltre un certo limite, sia per ambedue queste cause riunite. Sotto costante pressione varia la temperatura di questo passaggio col variare dello spazio in cui una determinata quantità di vapore è contenuta.

Sempre però, condensandosi in liquido, i vapori emettono il loro calore di elasticità, e lo rendono di nuovo libero e sensibile.

Questo calore restituito trova utili applicazioni in moltissimi casi. Si ottiene con esso il riscaldamento degli appartamenti nell'economia domestica, il riscaldamento dell'acqua con un solo focolare ne'molteplici bacini delle filande de'bozzoli, il prosciugamento de'panni, ecc., ecc.

§ 5. *Della conduttività de'corpi pel calore.*

89. **Facoltà conduttrice de' corpi pel calore.** — Prendete colle dita un cucchiaio, una chiave, una verghetta metallica qualunque per un'estremità, e mettete l'estremità opposta nella fiamma di una candela o su carboni ardenti. Vi accorgerete in breve, che il calore si propaga a traverso alla sostanza metallica, giungendo alle vostre dita in tanta copia, che mal si resiste a tener ivi più a lungo quel corpo. Prendete invece per la parte nera un pezzetto di carbone parzialmente infuocato, od un fuscello di legno, e quasi non sentirete l'effetto del calore. Provatevi ancora a mettere sulla palma della mano un foglio di latta con sopravi un po' di bragia; voi rigetterete tosto il tutto per non iscottarvi. Coprite in vece la palma della mano con un sottile strato di cenere e mettetevi sopra la bragia, che potrete tenerla e portarla qua e colà senza bruciarvi.

Vi sono adunque corpi, che lasciano passare facilmente il calore a traverso di sè, e corpi, che meno facilmente lo lasciano passare. I primi diconsi buoni conduttori del calore, gli altri cattivi conduttori.

Le sperienze provarono, che in generale i metalli sono buoni conduttori del calore, e più degli altri l'oro, il platino, l'argento ed il rame. Mediocri conduttori sono i marmi, le diverse pietre, la maiolica, la porcellana, il vetro, le terre cotte, ecc. Pessimi conduttori, o come dicono, coibenti del calore sono i legni secchi, le ceneri, il carbone, la lana, la seta, il cotone, le piume, e quasi tutti i corpi porosi e finamente divisi. Anche i metalli

ridotti in polvere perdono il loro potere conduttore pel calore.

90. **Modo di determinare la conduttività de' corpi solidi.** — Un metodo ordinario per determinare la maggiore o minore facoltà conduttrice relativa de' corpi solidi pel calore è quello dell'olandese Ingenhausz. Si abbia una cassetta piena d'acqua calda (*figura* 35), una cui parete laterale sia munita di forellini tutti alla stessa altezza, chiusi con turaccioli attraversati da altrettanti cilindretti delle materie, di cui si vuole esplorare la facoltà conduttrice. I cilindretti sono tutti della stessa grossezza e lunghezza, e portano un sottile strato di cera. Pel calore dall'acqua comunicato alla materia dei cilindretti la cera si fonde su di questi in una estensione più o meno grande, secondo la relativa conduttività di essi pel calore. Il corpo, su cui la cera si fonde per un'estensione maggiore, giudicasi miglior conduttore degli altri.

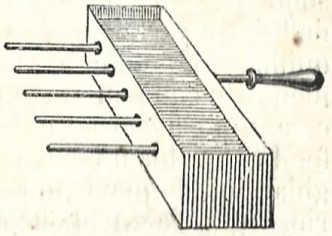


Figura 35

91. **Conduttività de' liquidi e de' gas.** — I liquidi ed i gas sono, tra i corpi, i più cattivi conduttori, che si conoscano. Se il calore può diffondersi in tutta la loro massa e riscaldarli, ciò non succede per la conduttività, bensì per la grandissima mobilità relativa delle loro parti. Così accendendo il fuoco sotto una pentola piena d'acqua, si riscalderà questa per ciò, che il calore trasmesso dal fondo del vaso allo strato inferiore dell'acqua lo fa dilatare e salire per la sua leggerezza in alto. Un secondo strato verrà a prendere il posto del primo, e si riscalderà alla sua volta, e così continuerà il riscaldamento di strato in istrato pel movimento ascendente e discendente dell'acqua, del quale già si parlò nell'art. 85.

Il calore nell'aria e ne' gas riscaldati dal basso si propaga precisamente come ne' liquidi per mezzo delle correnti ascendenti e discendenti de' gas, la cui esistenza

può provarsi sperimentalmente in varii modi. Il fumo, i pezzettini di carta bruciata e tutte le sostanze che possono svolazzare per l'aria servono per questa prova, come la segatura di legno per l'acqua. Scorgesi la stessa verità osservando a traverso un fascio di raggi solari entro una camera, riscaldata nel basso, il sottile polverio che sempre nell'aria è sospeso.

Per provare che i fluidi, siano liquidi, siano aeriformi, sono pessimi conduttori del calore, conviene riscaldarli nella loro parte superiore, essendo i medesimi ben tranquilli. Voi potete a questo modo far bollire superiormente l'acqua in un vaso, mentre gli strati inferiori di essa sono ancora freddi, il che si prova sia tenendo al fondo un termometro, sia attaccandovi un pezzo di ghiaccio, il quale non si fonde ancorchè l'acqua superiore già sia in ebollizione.

92. **Applicazioni.** — Le doppie invetriate alle finestre di una camera servono a conservare il calore di questa per ciò che lo strato d'aria compreso nella doppia invetriata essendo un cattivo conduttore, non lascia tanto facilmente fuggire il calore della camera.

Le vesti a gonna conservano il calore del corpo anche a cagione dello strato d'aria che comprendono sotto di sè.

La poca o nulla conduttività delle sostanze solide ridotte in polvere dipende molto probabilmente dall'aria, di cui possono imbeversi le sostanze ridotte in tale stato.

L'uso degli abiti di lana in inverno è fondato sulla coibenza di questa sostanza pel calore. Gli abiti tutti fatti di materie poco conduttrici del calore sono convenienti nell'inverno, impedendo la trasmissione del calore dal nostro corpo all'ambiente, come pure nella state, non permettendo il passaggio inverso del calore. Nella state però conviene farli più leggieri, sia perchè lascino il campo ad un'utile ventilazione, sia perchè meno c'incomodino e non ci facciano sudare col loro peso.

Le caffettiere, i bracieri e varii altri recipienti metallici si muniscono di un manico di legno (cattivo conduttore) perchè si possano maneggiare senza bruciarci allorquando contengono sostanze calde. Uno strato di

paglia o di altra materia coibente preserva dal gelo le tenere piante in inverno.

Dipendentemente dalla conduttività de'corpi pel calore si spiega perchè un metallo toccato colla mano calda sembra più freddo che un pezzo di legno, sebbene tutti e due, il legno ed il metallo, siano alla stessa temperatura di 15 o 20 gradi. Il calore della mano passa più rapidamente nel metallo, che è miglior conduttore, che non nel legno. Viceversa, se il legno ed il metallo hanno una temperatura comune di 50 a 60 gradi, toccati colle mani producono una sensazione differentissima, bruciandoci assai più il metallo, che non il legno. Su questa proprietà è fondata la seguente curiosa sperienza. Sopra un cilindro C (*figura* 36) di legno secco avviluppate strettamente un foglio di carta e tenetelo per poco sulla fiamma di una lampada; la carta si abbrustolirà e prenderà fuoco. Sostituite al cilindro di legno uno di metallo, la carta non abbrucia per quanto tempo la lasciate sulla fiamma. Adoperando la fiamma del gas-luce colla lampada di Bunsen (che è quella rappresentata nella figura), attivata da una corrente di aria che abbruci tutto il carbone del gas, non solo la carta non abbrucia, ma non si tinge manco in nero, e tolta dal cilindro, non presenta alcuna traccia del fuoco in cui stette.

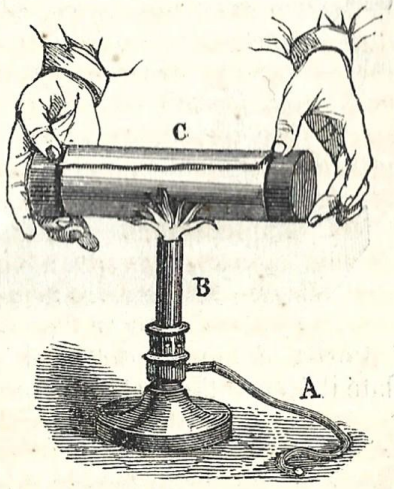


Figura 36

Curiosissime pure sono le seguenti sperienze, la cui spiegazione è dipendente dalla conduttività dei corpi e dalle proprietà dei liquidi. Mettete dell'acqua in un foglio di carta convenientemente incurvato ed attaccato ad un sostegno, come si vede nella figura 37, od anche sem-

plicemente tenuto colle mani, ed accendete sotto il fuoco. Potete farvi bollire l'acqua, che la carta non abbrucia, nè si guasta punto.

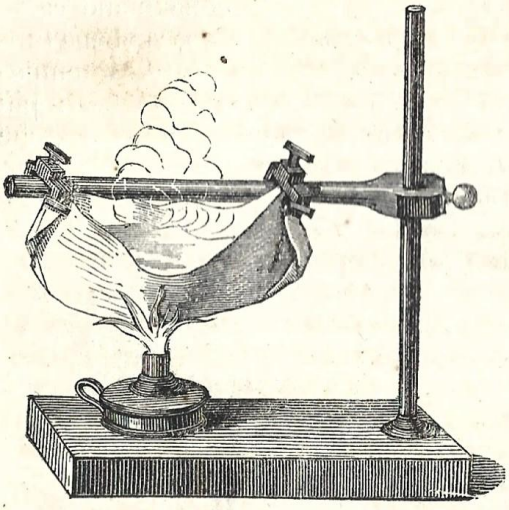


Figura 37

Riempite colmo d' acqua un bicchiere od un vaso qualunque e mettetevi sopra un foglio di carta (*fig.* 38); su questo foglio potete collocare minuzzoli o fruscoli, ed appiccando il fuoco, farne una buona fiammata senza che la base di carta si abbruci, nè l'acqua si riversi.

Posto, come ho detto, il foglio di carta sull'acqua, date il fuoco alle parti di esso sporgenti fuori del vaso; la carta abbrucierà tutt' intorno, ma la combustione non si propagherà oltre all'orlo del recipiente, ed otterrete colla carta residua la figura esatta del contorno di questo. Si riesce anche, sebbene con maggior difficoltà, a produrre questo effetto col bicchiere capovolto della figura 10, pag. 21.

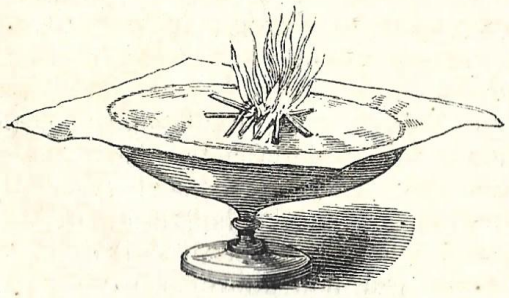


Figura 38

§ 6. *Della forza elastica dei vapori e della macchina a vapore.*

93. **Tensione dei vapori.** — Ogni vapore, come ogni gas, tende ad espandersi, ed ove sia rinchiuso in un vaso, ei preme contro le pareti del medesimo con una forza dipendente dalla capacità del vaso, dalla quantità del vapore e dalla sua temperatura. Allorquando rinchiuso nel vaso in contatto col vapore sta pure del liquido, dal quale il vapore si sviluppa, qualunque sia la capacità del vaso, il vapore acquista ivi quasi istantaneamente e conserva la massima forza elastica, che egli possa avere alla temperatura a cui si trova. Questa forza elastica si esprime sovente col titolo di *tensione massima* del vapore a quella temperatura.

Per meglio fissare le idee non parlerò in questo paragrafo che del vapore acqueo. Egli, come già dissi, entra costantemente nella composizione dell'aria atmosferica; ma ivi difficilmente ei trovasi dotato della sua tensione massima. In una sala qualunque havvi sempre del vapore acqueo con tensione variabile; ma se chiudiamo ermeticamente la sala, e mettiamo in essa una secchia d'acqua, il vapore vi acquista in breve la sua tensione massima corrispondente alla temperatura a cui si trova. Crescendo la temperatura, cresce pure nella sala la quantità del vapore e la tensione di esso, e viceversa, diminuendo la temperatura diminuisce la tensione, ed una parte del vapore si condensa in acqua.

La tensione massima del vapore acqueo varia assai rapidamente col variar della temperatura. Invero mentre a 0° essa equivale alla pressione, che sopra una egual superficie eserciterebbe una colonna di mercurio di 2 millimetri circa di altezza, o come si dice, vale circa due millimetri, a 50° gradi corrisponde a 92 millimetri; a 100° ella sale a 760 millimetri di mercurio, ossia ad un'atmosfera (art. 15); a 122° ella è di 2 atmosfere, a 135 di 3, a 145 di 4, a 153 di 5, a 182 di 10, a 200 di 15, a 266 di 50, ecc.

94. **Applicazioni.** — L'energia della tensione del vapore acqueo ad alte temperature, ancorchè non misurata, era però già nota nei secoli passati, e si sapeva, ad esempio, che facendo riscaldare l'acqua in un vaso perfettamente chiuso, il vapore può acquistarvi tanta forza elastica da far iscoppiare il vaso, per quanto robuste siano le sue pareti, foss'anche un cannone. Alcuni dotti pensarono di trarre un qualche partito utile di tanta forza.

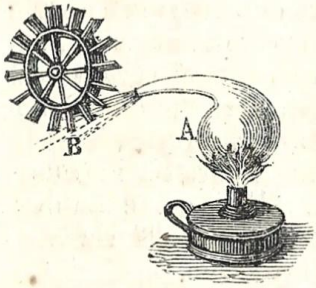


Figura 39

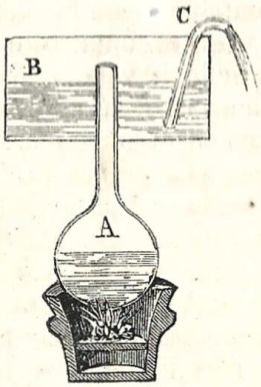


Figura 40

Figura 41

La storia c'insegna, che già 120 anni prima dell'êra corrente Erone di Alessandria costrusse una macchinetta a vapore conosciuta sotto il nome di *eolipila* (che significa porta di Eolo, o dei venti). In essa il vapore uscendo con impeto per tubi convenientemente ricurvi da un vaso girevole sopra un asse, soffia contro l'aria, e per reazione fa girare il vaso sull'asse. Un'altra forma di eolipila fu ideata nel 1629 dall'italiano Branca, nella quale il vapore, che esce con grande tensione da un vaso A (*figura* 39), batte contro le palette d'una ruota B e la fa girare.

Nel 1606 il napolitano Giovanni Porta faceva passare il vapore da un vaso A (*figura* 40), nel quale ei si formava, in un altro vaso B perfettamente chiuso e contenente dell'acqua, sulla quale il vapore premendo colla sua forza elastica, determinava l'ascensione della medesima su per un tubo C. Nove anni più tardi il

francese, o tedesco, come alcuni pretendono, Salomone di Caus riuscì a far salire l'acqua colla tensione del vapore nel modo seguente. Un tubo AB (*fig.* 41) aperto ad ambi i capi, e munito verso il mezzo di una chiavetta, con cui si può chiudere od aprire a beneplacito, penetra nell'acqua d'un recipiente A ben chiuso. Il vapore, che da questa si genera in A per l'azione del fuoco, preme sulla medesima e la spinge a salire su pel tubo, quando si apra la chiavetta.

Per questa sperienza Salomone di Caus è da molti autori francesi predicato come l'inventore della macchina a vapore. Ma se una simile sperienza potesse al suo autore conferire un tal diritto, la priorità spetterebbe piuttosto al nostro Porta, che prima di Caus colla tensione del vapore faceva salire l'acqua fredda, mentre nella macchina di Caus l'acqua, che si eleva, deve prima farsi riscaldare con grande spreco di combustibile. Del resto dai precedenti tentativi all'attuale macchina a vapore corre tal divario, che nessuno certamente dei soprannominati può dirsi l'inventore di questa.

95. **Macchina a vapore primitiva.** — In una caldaia A (*fig.* 42) a pareti robustissime, comunicante con un corpo di tromba o cilindro B, si fa riscaldare l'acqua. Il vapore, che si forma, passa nel cilindro sotto ad uno stantuffo H, e colla sua forza elastica fa salire lo stantuffo fino alla sommità del cilindro. A questo punto se uno spruzzo di acqua fresca viene in contatto colle pareti del corpo di tromba o col vapore interno, questo pel freddo prodotto quasi istantaneamente si condensa, lasciando sotto allo stantuffo un vuoto. Lo stantuffo spinto dal proprio peso e dalla pressione dell'aria soprastante cadrà di nuovo al basso, per risalire quando il vapore sottostante avrà riacquistato sufficiente forza da produrre una tale azione. In simile maniera rinnovando lo spruzzo d'acqua fresca ad ogni volta che lo stantuffo sarà salito fino alla sommità del cilindro, si otterrà un moto alternativo, il quale potrà comunicarsi ad una leva CD mobile intorno al punto E, e detta il *bilanciere* della macchina. Salendo lo stantuffo, il braccio CE del

bilanciere è spinto in alto da un peso P portato dall'altro braccio DE.

Il movimento rettilineo alternativo così generato nella catena DK può applicarsi alla produzione di qualunque effetto utile. La applicazione principale, che se ne faceva in origine, consisteva nell'elevazione dell'acqua con trombe idrauliche.

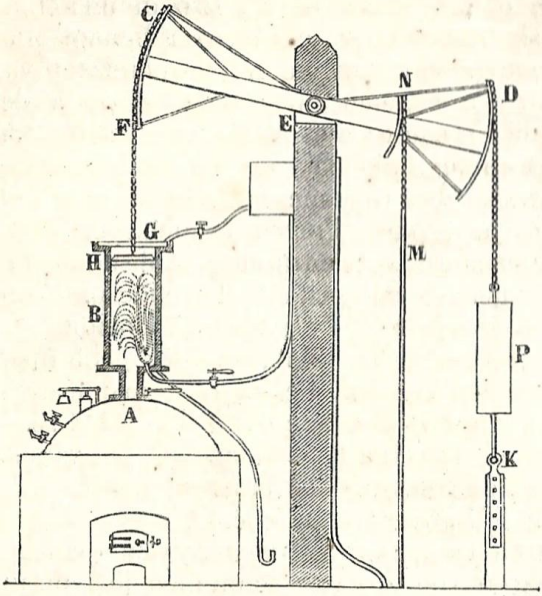


Figura 42

La trasformazione del moto alternativo del bilanciere in movimento circolare continuo si ottiene facilmente con un tirante, che mette l'estremità D del bilanciere in comunicazione con una manovella fissa all'asse di una ruota, allo stesso modo con cui si fa girare la ruota dell'arrotino colla stanga mossa dal piede di questo.

96. **Condensatore.** — Per più di mezzo secolo si adoperarono le macchine a vapore nella semplicità loro primitiva, ma sorse infine Watt, il quale inaugurò la serie delle sue invenzioni coll'applicazione del condensatore alle medesime. Invece di condensare collo spruzzo d'acqua fresca il vapore nel cilindro, lo si fa passare, dopo ch'egli ha spinto nella sua corsa lo stantuffo, in un recipiente a parte, detto condensatore, nel quale ei viene in contatto con un getto d'acqua fresca, e si liquefà quasi istantaneamente. Così non si raffredda il cilindro, ed il nuovo vapore, che viene in esso dalla

caldaia, acquista più presto forza sufficiente per cacciare innanzi a sè lo stantuffo. Si risparmia in tal modo una grande quantità di combustibile.

97. **Macchina ad alta pressione e a semplice effetto.** — Nella macchina descritta il vapore agisce con una tensione di poco superiore a quella dell'aria atmosferica, nè vi potrebbe agire con tensione maggiore, essendo il movimento dello stantuffo nel corpo di tromba alternativamente prodotto dalla tensione del vapore e dalla pressione atmosferica. Per conseguenza tutte le macchine a vapore fondate sul medesimo principio furono dette *macchine atmosferiche.* Le medesime non si applicano più attualmente, fuorchè in qualche rara località, ove il combustibile abbonda ed è a prezzo minimo.

Watt trovò il mezzo di far agire il vapore sullo stantuffo a qualunque tensione nel modo seguente. Invece di far entrare il vapore nel cilindro inferiormente, lo si faccia penetrare dal lato di sopra; lo stantuffo H (*fig.* 42) verrà spinto ingiù dalla forza del vapore, trarrà seco la catena CG ed insieme il bilanciere CD con tanto più di energia, quanto maggiore è la sua tensione. Giunto lo stantuffo al basso, si apre la comunicazione tra il corpo di tromba ed il condensatore, chiudendo a un tempo il passaggio al vapore che va dalla caldaia al cilindro. Allora lo stantuffo potrà risalire, e salirà in realtà, venendo tratto in su da un peso conveniente P, attaccato al capo D del bilanciere. La forza di questa macchina è solo limitata dal grado di tensione che si vuol dare al vapore; perciò essa fu detta *ad alta pressione.* Essa dicesi pure *a semplice effetto*, perchè il vapore agisce sopra una faccia sola dello stantuffo.

98. **Macchina ad alta pressione e a doppio effetto.** — Watt ha pure trovato il mezzo di far agire il vapore alternativamente sulle due faccie dello stantuffo. Ecco in che modo ciò si può conseguire. Il vapore proveniente dalla caldaia arriva in A (*figura* 43) ed entra in una capacità BK, che sta accanto al cilindro della macchina, o corpo di tromba ML. La capacità BK si fa comunicare alternativamente coll' interno del cilindro

per due canali CM, DN. Sopra la faccia piana KR della capacità BK si appoggia una specie di mestola o cassetta corsoia H, munita di un braccio I, per cui essa si mette in moto lungo la faccia RK. La cavità E comunica col condensatore. Ciò premesso, se la cassetta corsoia H si trova nella posizione indicata dalla figura 43, il vapore proveniente dalla caldaia entra nel cilindro pel canale CM, e spinge lo stantuffo P nella direzione indicata dalla freccia. Nel medesimo tempo la parte

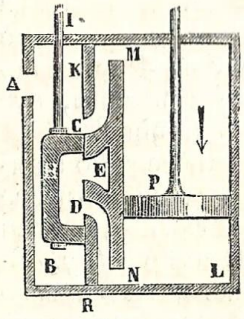


Figura 43

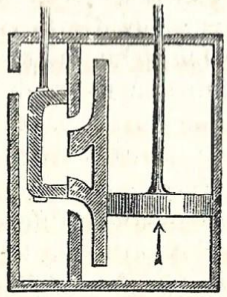


Figura 44

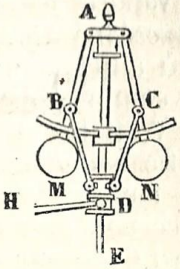


Figura 45

opposta del cilindro comunica col condensatore per mezzo del canale NDE, passando per la cassetta. L'opposto avviene quando la cassetta corsoia si trova nella posizione indicata dalla figura 44. Così il vapore agisce alternativamente sulle due faccie dello stantuffo e si ottengono le macchine a doppio effetto e ad alta pressione.

In queste macchine si può sopprimere, anzi si sopprime quasi sempre il condensatore, lasciando uscire il vapore nell'aria dopo la sua azione sullo stantuffo. In tal caso il foro E comunica coll'aria esterna.

99. **Moderatore a forza centrifuga.** — Per moderare il movimento della macchina si fa uso del pendolo conico a forza centrifuga, detto *moderatore* o *regolatore*, ancor esso immaginato da Watt. Esso consiste in un romboide articolato ABCD (*fig.* 45), fisso sopra un asse verticale AE e portante alle estremità delle braccia AB, AC due masse sferiche M, N. L'asse AE è messo in moto rotatorio dalla macchina, e gira tanto più rapidamente quanto

più rapido è il moto della medesima. Se questa si move con troppa celerità, le due palle M, N per la forza centrifuga s'inalzeranno, e con esse s'inalzerà il vertice D scorrevole lungo l'asse, ed al quale è unita una verga DH. Questa verga tirata in tal modo in su, fa chiudere in parte una valvola dentro al tubo di comunicazione tra la caldaia ed il cilindro. Non potrà più entrare in questo tanto vapore, quanto prima, e così verrà rallentato il movimento. Se al contrario la macchina si move troppo lentamente, discendono le palle M, N per la diminuita forza centrifuga, e si aprirà maggiormente la valvola posta dentro al tubo di comunicazione tra il cilindro e la caldaia.

100. **Trombe ausiliarie.** — Una macchina a vapore ha bisogno di varii servizi, che in origine si facevano in parte a mano d'uomo, ma che ora la macchina si fa da sè. Tutti conoscono la storia del ragazzo Potter, il quale, incaricato di aprire e chiudere a tempi determinati certe valvole della macchina, attirato dai divertimenti di altri ragazzi, ideò un congegno, che lo liberò da quell'ufficio, e che fu poi perfezionato da Brigton nel 1718.

Tra le parti della macchina, che lavorano pel servizio di essa, dobbiamo specialmente citare tre trombe, delle quali una, detta *tromba ad aria,* serve ad estrarre l'aria e l'acqua, che vengono continuamente introdotte nel condensatore, e le conduce in un recipiente a parte. Una seconda, detta *tromba alimentatrice*, fa passare l'acqua calda da questo recipiente nella caldaia. La terza produce l'iniezione d'acqua fresca nel condensatore.

101. **Apparecchi di precauzione.** — Agendo il vapore ad alta tensione, se i vasi destinati a contenerlo non hanno sufficiente robustezza, si corre rischio d'esplosione dei medesimi. Una delle precipue cause d'esplosione consiste nel difetto d'acqua nella caldaia. Allora le pareti di questa si arroventano facilmente, e versando nuova acqua nella caldaia, il rischio è grandissimo per la pronta evaporazione che ha luogo. Servono a prevenire le esplosioni: 1° le valvole di sicurezza, che si aprono

per una pressione assai minore di quella, che possono sopportare le pareti della caldaia; 2° i manometri, che fanno ad ogni momento conoscere esteriormente la forza elastica del vapore; 3° i congegni, per cui si manifesta all'occhio del macchinista il livello dell'acqua nella caldaia, e specialmente il galleggiante d'allarme, che genera un fischio ogni volta che il livello dell'acqua è al di sotto di un certo limite.

L'acqua evaporandosi depone sulle pareti della caldaia i sali e le sostanze estranee, ch'ella contiene in soluzione. Si forma così internamente uno strato solido od una crosta durissima, che può anche divenire causa d'esplosione, se non si ha l'avvertenza di nettare frequentemente la caldaia.

102. **Origine della macchina a vapore.** — I tentativi d'applicazione della forza elastica del vapore, descritti nell'art. 94, sono lungi dal dare un'idea della macchina nostra attuale. Chi ha, forse pel primo, proposto una applicazione di quella forza, analoga a quella che si fece poscia e si fa, è il francese Dionigi Papin, il quale faceva entrare il vapore a gran tensione in un corpo di tromba sotto ad uno stantuffo, il quale salito alla sommità del cilindro, ei sottraeva il fuoco dalla caldaia, lasciando raffreddare l'acqua ed il vapore, finchè lo stantuffo pel proprio peso e per la pressione dell'aria discendesse. Rinnovando successivamente il riscaldamento ed il raffreddamento, egli otteneva il moto alternativo dello stantuffo. Papin descrisse questa macchina in una sua pubblicazione del 1690, e ne fece anche un piccolo modello.

Nel 1698 l'inglese Savery tentò di applicare in grande le idee di Porta e di Caus, senza forse conoscere che fossero state già prima proposte, e trovò il modo di ottenere la quasi istantanea condensazione del vapore mediante lo spruzzo d'acqua fresca. Associatosi più tardi (anno 1705) con Cawley e Newcomen, pure inglesi, fece con questi la prima macchina a vapore atmosferica, che siasi applicata a produrre effetti utili. Da quest'epoca in poi si estese mirabilmente l'uso della macchina di Savery,

Cawley e Newcomen fino al 1769, quando Watt cominciò la serie delle sue creazioni, di cui le principali sono qui sopra indicate. Nacque Watt a Greenock in Iscozia l'anno 1736, e morì il 25 agosto 1819.

103. **Navigazione a vapore.** — L'idea d'applicare la macchina a vapore alla navigazione non è del nostro secolo. Papin l'aveva già manifestata in un modo chiarissimo. Gionata Hull e Patrick Miller la rinnovarono più tardi. Varii tentativi anche si fecero nel secolo scorso, che però riuscirono tutti a poco più di niente.

Il primo battello a vapore destinato al trasporto di merci e di persone fu fatto in America da Fulton nel 1807. Migliaia e migliaia se ne fecero da quell'epoca in poi, tutti fondati sul medesimo principio. Una o due macchine a vapore mettono in movimento un asse orizzontale, che attraversa la nave da fianco a fianco, e porta alle sue estremità due grandi ruote a palette, che si tuffano parzialmente nell'acqua.

L'urto delle palette nell'acqua produce l'effetto dei remi.

Ericson più tardi alle ruote a palette sostituì l'elice, la quale, girando sott'acqua su di un asse orizzontale parallelo a quello della nave, fa camminare la nave stessa.

104. **Strade ferrate.** — L'applicazione del vapore al movimento delle vetture sulle ferrovie data dal principio del nostro secolo. Una macchina a vapore, che con un congegno qualunque faccia girare gli assi e le ruote della vettura, dalla quale essa è portata, costituisce una locomotiva, quando per una tale rotazione possa la vettura camminare. Da principio si proposero varii modi onde risolvere il problema della locomozione sulle ferrovie. Visto che le ruote delle prime locomotive, che si costrussero, per mancanza di adesione sufficiente con le rotaie giravano su di queste strisciando, senza movimento di traslazione, si pensò di attaccare il convoglio delle vetture ad un capo di una lunghissima corda tesa lungo la strada, essendo l'altro capo fisso ad un verricello messo in moto rotatorio da una macchina a vapore. La corda si avviluppa sul verricello traendo il

convoglio. Questo metodo, che può essere utile per piccoli tratti di gran pendenza, è affatto sconveniente per lunghe linee.

Nel 1811 Blenkinshop superò la difficoltà dovuta alla mancanza di adesione con una locomotiva, che metteva in movimento una ruota dentata, i cui denti facevano incastro coi denti corrispondenti della rotaia. Varie macchine furono costrutte su questo principio ed applicate alla strada ferrata tra Middletown e Leeds.

Brunton propose di vincere la stessa difficoltà con una locomotiva, i cui due stantuffi motori spingevano alternativamente due aste appoggiantisi sul suolo e moventisi quasi come le gambe d'un uomo.

Finalmente Stephenson vinse realmente la difficoltà col fare le locomotive molto pesanti. Dimostrasi in meccanica, che l'attrito delle ruote contro le rotaie è proporzionale al peso della vettura. Quindi accrescendo il peso delle locomotive, si accresce l'attrito, e si procura maggiore attacco tra le ruote e le rotaie. Su questo principio sono ora costrutte tutte le locomotive.

CAPO V.

DEL MAGNETISMO

105. **Calamite naturali ed artificiali.** — È la calamita o magnete naturale un minerale di ferro, che gode della proprietà di attirare il ferro, l'acciaio e poche altre sostanze. Magnetismo è il principio tuttora sconosciuto, il quale nella magnete o calamita genera l'attrazione. Trovansi le calamite naturali sia alla superficie terrestre, sia dentro il suolo. La loro proprietà di attirare il ferro è nota da tutta l'antichità.

Le calamite artificiali si fanno d'acciaio. Esse godono delle stesse proprietà delle naturali, e secondo la loro varia forma prendono il nome di ago magnetico, spranga magnetica, fascio magnetico, ecc.

106. **Poli, linea neutra.** — Se si avvolge nella polvere di ferro una calamita in forma di spranga, vedesi la polvere accumularsi maggiormente verso due punti opposti A, B (*fig.* 46) della magnete, i quali punti sono detti *poli* della calamita. Tra i due poli trovasi intorno alla calamita una linea N, sulla quale la limatura di ferro non è, od è assai debolmente attratta. Essa dicesi *linea neutra* della calamita.

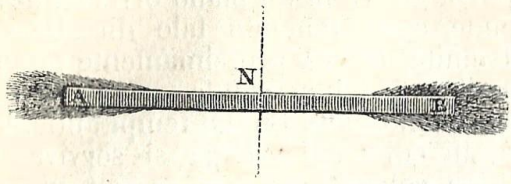


Figura 46.

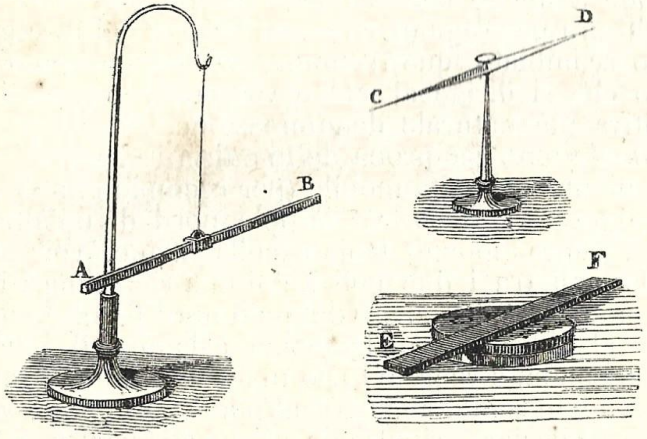


Figura 47

107. **Divisione d'una calamita.** — Se tagliate secondo la linea neutra una calamita, ne risultano due pezzi aventi ciascuno i suoi due poli, come la calamita totale, e formanti due vere calamite. In generale se riducasi una calamita in più pezzi, ciascun pezzo anche minimo diventa una calamita avente i suoi poli e la sua linea neutra.

108. **Sua direzione rispetto all'orizzonte.** — Sospendasi una magnete in forma di spranga o di ago per un filo, come vedesi in AB (*figura* 47), o sopra una

punta (CD), o sopra un galleggiante collocato sull'acqua (EF) in modo, che possa girare in un piano orizzontale; si vedrà ch'essa prende costantemente tale direzione, che una delle sue estremità dirigesi prossimamente verso il nord, l'altra verso il sud dell'orizzonte.

Su questa proprietà, conosciuta fin dai tempi antichi, è fondata la bussola, di cui i chinesi già si servivano da secoli prima dell'êra volgare per dirigere su mare e su terra i loro viaggi.

109. **Denominazione de' poli.** — La proprietà ora descritta della calamita ha fatto dare il nome di *polo nord*, o *boreale*, al polo di essa che naturalmente nella calamita mobile si dirige al nord, e di *polo sud* od *australe* a quello che si dirige al sud.

Molti ora per ragioni, che non occorre qui di spiegare, hanno scambiato questi nomi, chiamando polo nord quello che si dirige al sud e viceversa. Io preferisco la primitiva più naturale denominazione.

110. **Azione reciproca delle calamite.** — Se al polo nord di una calamita mobile (per esempio una di quelle della figura 47) accostate il polo nord di un'altra calamita, che suppongo teniate colla mano, voi vedrete manifestarsi tra i due poli vicini una ripulsione; il polo nord mobile si allontanerà dal polo nord fisso. Avvicinate invece al polo nord della prima calamita il polo sud della seconda, e vedrete tosto manifestarsi un'attrazione. Operando in modo analogo sul polo sud mobile, voi vedrete manifestarsi ripulsione al presentargli il polo sud della calamita che avete in mano, ed attrazione al presentargli il polo nord. Questi fatti si riassumono dicendo che i poli dello stesso nome di due calamite si attirano, ed i poli di nome contrario si attraggono.

111. **Giuoco da ragazzi.** — Con questa legge voi facilmente vi renderete ragione dei fenomeni che presenta il noto giuocolino dei cigni galleggianti sull'acqua contenuta in un largo piatto. Ogni cigno ha dentro di sè una calamita, di cui un polo è presso al becco e l'altro presso alla coda. Il giuocatore chiama a sè o scaccia l'uccello con una verghetta magica, consistente in una calamita.

Vuol egli chiamare il cigno per regalarlo di un ghiotto boccone? presenta al suo becco il polo della verghetta contrario a quello che ivi si trova. Vuol egli fargli paura e cacciarnelo? minaccia di toccargli la coda col polo omologo a quello, che sta in essa.

112. **Il globo terracqueo agisce come una calamita.** — La direzione dell'ago magnetico verso i poli della terra si suole spiegare ammettendo che il globo terracqueo agisca come una calamita, o sia esso stesso una grande magnete, che abbia i suoi poli magnetici in vicinanza dei poli terrestri.

113. **Induzione magnetica.** — Una sbarra di ferro dolce (ferro puro e non temprato) in vicinanza o meglio in contatto con un polo di una calamita, diviene essa pure una calamita dotata de' suoi due poli e della proprietà di attirare i corpi magnetici. Il polo che la sbarra acquista dalla parte del contatto è di nome contrario a quello più vicino della calamita. Nè solo il ferro in tal modo si magnetizza, ma acquista ancora la proprietà di magnetizzare altre sbarre di ferro, cosicchè se sopra una tavola si pongano di seguito ed in contatto, od in grande vicinanza, per le loro estremità più sbarre di ferro dolce, toccando la prima col polo di una calamita, divengono tutte magnetizzate. Con una forte calamita si riesce anche a sospendere le une alle altre le sbarre di ferro dolce, come si vede nella figura 48, e quando il magnetismo dell'ultima sbarra non è più sufficiente per reggerne un'altra, accostata l'ultima a polvere di ferro, si vede ch'ella può ancora attirarne e reggerne una certa quantità.

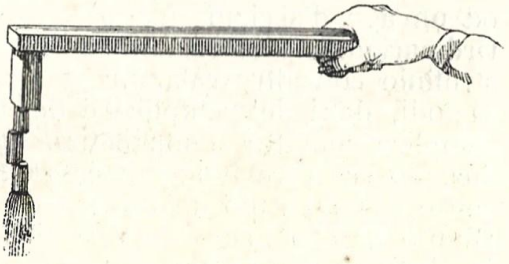


Figura 48

Questo magnetismo indotto, come dicono, nel ferro dolce dura solo tanto, quanto il contatto del ferro o la vicinanza sua colla calamita; è magnetismo temporario,

passeggiero. Allontanata sufficientemente la calamita, tutte le sbarre perdono il loro magnetismo.

Sostituendo al ferro dolce una sbarra di ferro temprato, o meglio d'acciaio, più debole traccia di magnetismo si sviluppa in essa, ma il magnetismo così destato per induzione non cessa colla vicinanza della calamita; e la sbarra rimane magnetizzata debolmente sì, ma in modo stabile.

Anche la terra, questa grande calamita di cui si parla nell'art. 112, agisce per induzione su tutte le masse ferree del globo e le rende magnetizzate, ed è probabilmente a questo modo, che vennero magnetizzati quei minerali di ferro, che costituiscono le calamite naturali.

114. **Modo di fare calamite artificiali.** — Una spranga od un ago d'acciaio si può magnetizzare in più modi. Ordinariamente le calamite migliori si ottengono collo strofinio con altre calamite, e si adoperano per ciò più metodi, detti del semplice e del doppio contatto. Per semplice contatto si magnetizza una spranga d'acciaio facendo scorrere lungo di essa e sempre nel medesimo senso, da un capo all'altro, un polo di una calamita. Giunto il polo magnetizzante all'estremità della sbarra, lo si rialza per portarlo al capo primitivo e ripetere sempre allo stesso modo un venti o trenta volte la frizione.

Suolsi anche, per semplice contatto, magnetizzare la spranga d'acciaio con due poli opposti di due calamite, posandoli tutti e due sul mezzo della spranga, e facendoli scorrere insieme su di essa uno verso un capo e l'altro verso l'altro, e ripetendo più volte la stessa operazione.

Per magnetizzare una sbarra d'acciaio col metodo del doppio contatto, si mettono i due poli contrari di due calamite sul mezzo della sbarra, e si fanno scorrere insieme riuniti tutti e due su e giù da un capo all'altro, arrestandosi in fine al punto di partenza, e procurando che le due metà della sbarra siano percorse dai due poli lo stesso numero di volte.

115. **Perdita del magnetismo.** — Una calamita può

smagnetizzarsi in più modi; ecco i principali: 1° collocata sotto l'influenza del magnetismo terrestre o di quello di un'altra calamita in modo, che l'induzione tenda a generare in essa una polarità contraria alla sua propria, la calamita perde gradatamente della sua energia magnetica, finisce per ismagnetizzarsi, ed anche per magnetizzarsi in senso contrario al primitivo, ossia coi poli scambiati; 2° Operando sulla calamita con uno dei metodi spiegati nell'articolo precedente, ma in modo da generare in essa una polarità contraria alla sua propria, si finisce per ismagnetizzarla, ed anche per magnetizzarla in senso contrario; 3° Una calamita si smagnetizza col farla riscaldare fino al rosso di fuoco.

116. **Forma più comune delle calamite.** — Ordinariamente si dà alle calamite la forma di ferro da cavallo, la quale fu trovata utile, perchè contribuisce alla maggior conservazione del magnetismo. Suolsi ai due poli della calamita AB (*figura* 49) unire un'armatura CD di ferro dolce, la quale si magnetizza per induzione e concorre alla conservazione del magnetismo della calamita.

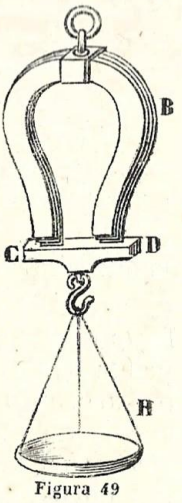


Figura 49

Se all' armatura si attacca un piatto H, e lo si carica di tutto il peso, che la calamita può portare, questa si rinforza, ed ove ogni giorno vada accrescendosi di qualche grano il peso sul piatto, la calamita acquista col tempo una forza crescente, che può diventare in alcuni casi doppia e tripla della primitiva. Ma staccando poscia con una strappata l'armatura dalla calamita, questa perde la forza acquistata, anzi la forza residua può anche diventare minore della primitiva. In nessun caso conviene staccare ad un tratto l'armatura dalle calamite se non si vuole affievolirne la forza, ma è d'uopo, per levarnela, tirarla dolcemente in senso laterale.

CAPO VI.

DELL'ELETTRICITÀ STATICA

117. **Corpi idio-elettrici ed anelettrici.** — Un cilindro di vetro, di cera lacca o di altra sostanza resinosa, strofinato leggermente e celeremente od anche percosso con un pezzo di lana o di seta, acquista la proprietà di attrarre i minuzzoli leggieri di carta, di paglia, di midollo di sambuco e simili (*figura* 50). Due corpi strofinati con un terzo in certe circostanze manifestano un'attrazione reciproca, in altre si respingono. Non solamente il vetro e le sostanze resinose, ma tutti i corpi conosciuti, strofinati in circostanze favorevoli, possono presentare i fenomeni descritti. I corpi che posseggono questa proprietà (ricevuta per istrofinio, od in altri modi che impareremo più tardi) di attrarre o di respingere altri corpi, diconsi in istato *elettrico*, *elettrizzati;* e chiamasi *elettricità* la causa qualunque siasi di questa condizione dei corpi.

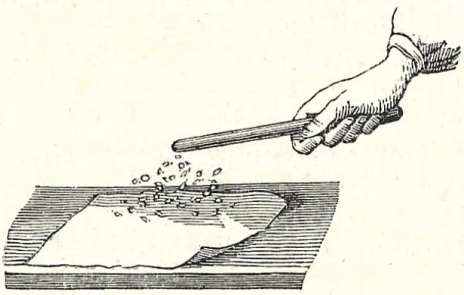


Figura 50

Gli antichi conoscevano questo solo fatto di elettricità, cioè che l'ambra strofinata acquista il potere di attrarre certi corpi leggieri. Il nome greco dell'ambra, *electron*, ha dato il nome a questa classe di fenomeni.

Fino alla fine del secolo decimosesto questo solo fatto dell'ambra, o pochi altri si conobbero di fenomeni elettrici, quando l'inglese Gilbert da prima, e poscia gli accademici del Cimento, dimostrarono, che un grandissimo numero di sostanze godono della proprietà del-

l'ambra. Tali sono il vetro, tutte le resine, la seta, la lana, la pelle di gatto, il solfo, ecc., ecc. In conseguenza i corpi si distinsero in *idio-elettrici* ed *anelettrici*, cioè capaci di elettrizzarsi o no. Le sostanze predette sono idio-elettriche; i metalli al contrario, i vegetali freschi e tutti gli altri corpi che strofinati non si elettrizzavano, erano detti anelettrici.

Frattanto Ottone di Guerike (1672) immaginava la macchina elettrica, modificata in seguito da Haukesbee (1709) e da altri; e tosto dopo Gray e quindi Dufay scoprirono uno il modo di elettrizzare i corpi per comunicazione, l'altro i due stati elettrici dei corpi.

D'allora in poi si ampliarono rapidamente le cognizioni intorno all'elettricità, e gli scienziati di tutto il mondo concorsero a stabilire le basi di questa nuova scienza. Tra gli italiani si distinsero in particolar modo Beccaria, Galvani e Volta, i cui nomi passeranno venerati alla posterità finchè saranno in pregio le cose utili e belle.

118. **Corpi buoni e cattivi conduttori; isolanti.** — Si accorsero ben tosto i fisici della inesattezza della distinzione dei corpi in idio-elettrici ed anelettrici. Ed in vero un cilindro metallico, tenuto colla mano o col mezzo di corpi anelettrici, strofinato non si elettrizza, ma tenuto con corpi idio-elettrici, per esempio con guanti di seta o di lana, o con manubrio di vetro o di sostanze resinose, acquista anch'esso tutte le proprietà elettriche. Le perde però sull'istante toccandolo con mano dopo che sia strofinato.

Ciò ha fatto supporre, che l'elettricità sia un fluido, che si diffonde specialmente sulla superficie dei corpi, e che alcuni di questi godano di una specie di potere coercitivo o coibente, che non lascia scorrere liberamente quel fluido sul corpo; altri poi lo lascierebbero scorrere liberamente, cosicchè appena sviluppato su di essi, il fluido elettrico si diffonderebbe su tutta la loro superficie e passerebbe anche nei corpi contigui privi di potere coercitivo.

Quindi si dividono i corpi rispetto al fluido elettrico in *buoni conduttori* o *deferenti*, e *cattivi conduttori* o

coibenti o anche *isolatori*. Sono buoni conduttori quelli, che lasciano scorrere liberamente sulla loro superficie l'elettricità sviluppata in qualunque modo; cattivi conduttori quelli, che hanno una specie di adesione colla elettricità, ossia la ritengono sulla loro superficie e difficilmente la lasciano scorrere su di essa. Questi ultimi diconsi anche *isolatori*, perchè servono ad isolare i corpi buoni conduttori, ossia servono a sottrarli dal contatto cogli altri conduttori allorchè si vogliono elettrizzare. Un conduttore dicesi *isolato* quando non tocca nessun altro conduttore, od è intieramente circondato da corpi coibenti.

Il passaggio dai corpi conduttori ai coibenti non si fa per salto, ma per gradazione, essendovi corpi più o meno coibenti e più o meno conduttori.

Tra i cattivi conduttori possiamo annoverare l'ambra, la cera lacca, il solfo, la pece e in generale le varie gomme e resine, il vetro, il cristallo di rocca, la tormalina, il diamante e varie pietre preziose, lo zucchero, la cenere, gli olii, alcuni ossidi metallici, la porcellana, la maiolica, la seta, le piume, la lana e i peli degli animali, l'aria e i gaz privi di umidità.

Tra i conduttori si annoverano tutti i metalli, tra cui come migliori conduttori si distinguono il rame, l'oro, l'argento, lo zinco, il platino, il ferro, ecc.; dopo i metalli abbiamo il carbone, la terra umida, la fiamma, il fumo, il vapore acqueo, molti acidi, i fluidi animali e tutte le sostanze organiche non disseccate.

Conduttori imperfetti o semi-coibenti sono il marmo asciutto, l'alabastro, le pietre, la paglia, i legni non ben secchi, le ossa, il guscio d'uovo, l'avorio, il cuoio, ecc. Il corpo dell'uomo è un buon conduttore: quindi ecco il motivo, per cui un metallo od un altro corpo qualunque deferente, tenuto colla mano e strofinato, non dà segni di elettricità; il fluido sviluppato su tale corpo per lo strofinio, passa prontissimamente nella mano e nel corpo dello sperimentatore, e da questo nel suolo, che è pure buon conduttore dell'elettricità, nel quale per la gran mole l'elettricità si disperde e si

rende insensibile. Per questo il globo terracqueo è detto il *comune serbatoio* dell'elettricità.

119. **Due stati elettrici opposti.** — Ad un sottile filo di seta appendasi un globicino di midollo di sambuco o di altra simile sostanza. Accostando al globicino un cilindro di ottone, ad esempio, elettrizzato, e tenuto con un manubrio isolatore, si vedrà il pendolo, attratto verso il corpo elettrizzato (*figura* 51), venire a contatto con questo e staccarsene tosto per isfuggire dal medesimo. Cercando ancora di accostare il corpo elettrizzato al pendolino, invece di un'attrazione si osserverà in questo una ripulsione (*figura* 52).

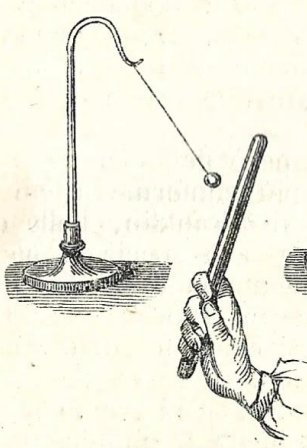


Figura 51

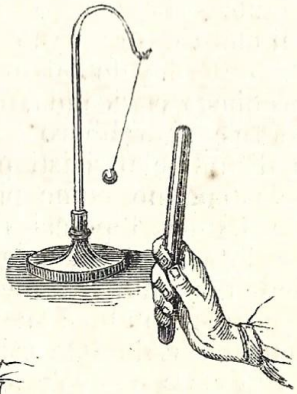


Figura 52

Prendansi ora due corpi qualunque, e si elettrizzino col mutuo strofinio. Accostando poscia uno di essi ad un pendolino somigliante al descritto, succederà quanto si è detto or ora, cioè il pendolino verrà attratto fino al contatto con quel corpo e poi costantemente respinto. Ma lo stesso pendolino, che ora è respinto dall'uno dei due corpi elettrizzati insieme collo strofinio, viene attratto dall'altro ove ad esso si accosti. Appena venuto il pendolino a contatto col secondo corpo, verrà da esso respinto e potrà allora di nuovo venire attratto dal primo corpo.

Bisogna dunque conchiudere, che lo strofinio genera nei due corpi, che si strofinano insieme, due stati elettrici opposti, poichè nelle medesime circostanze uno di essi attira il pendolino, e l'altro lo respinge. Molti fisici, seguendo l'ipotesi di Symmer, spiegano i fenomeni elettrici ammettendo la reale esistenza di due specie di elettricità, consistenti in due fluidi sottilissimi, privi di peso, i quali si troverebbero insieme riuniti e neutralizzati in tutti i corpi che sono allo stato naturale, cioè non elettrizzati. Lo strofinio tende a separare i due fluidi, e li separa in realtà, portandosi l'un fluido in eccesso sopra uno dei due corpi insieme strofinati, e l'altro fluido sopra l'altro corpo. Un corpo presenta i fenomeni elettrici, e dicesi elettrizzato, allorchè contiene più dell'uno, che dell'altro fluido. I due fluidi contrari si attirerebbero a vicenda, e due masse di uno stesso fluido si respingerebbero.

I più distinti elettricisti però del secolo scorso e del presente ritengono come più conforme a ciò che ha luogo in natura l'ipotesi di Franklin, nella quale si ammette l'esistenza di una sola specie di elettricità, consistente in un fluido eminentemente sottile ed elastico, il quale si trova in tutti i corpi. Allorchè un corpo ha la parte, che naturalmente gli compete, di questo fluido, esso è allo stato naturale, non presenta alcun fenomeno elettrico. Lo strofinio tra due corpi (come pure molte altre azioni meccaniche, fisiche e chimiche) produce uno squilibrio in quel fluido, il quale passerebbe in parte più o meno cospicua da un corpo nell'altro. L'uno dei due corpi, dopo lo strofinio, trovasi carico di un eccesso di elettricità, l'altro ne è in difetto. Ambedue presentano fenomeni elettrici; ambedue sono elettrizzati; ma uno in eccesso, l'altro in difetto; uno in più, l'altro in meno; uno positivamente, l'altro negativamente. Quindi si distinsero le due condizioni elettriche in *positiva* e *negativa*.

Quelli, che ammisero in origine due specie di elettricità diedero all'una di queste il nome di *elettricità vitrea*, ed all'altra quello di *elettricità resinosa*, perchè ottene-

vano ordinariamente la prima sul vetro e la seconda sulle resine, e cambiarono poscia questi nomi nei rispettivi di *elettricità positiva* ed *elettricità negativa*. Quelli, che ammettono una sola elettricità, si servono per comodità di linguaggio di questi medesimi nomi, ma li interpretano nel senso sopra spiegato di due condizioni elettriche opposte, nell'una delle quali il corpo ha più fluido elettrico di quello che gli competerebbe per essere in equilibrio coi corpi vicini, e nell'altro meno.

120. **Attrazioni e ripulsioni elettriche.** — Le sperienze fatte col mezzo dei pendolini elettrici, quali sono quelli delle figure 51 e 52, o con altri mezzi acconci all'uopo, hanno dimostrato:

1° Che due corpi elettrizzati contrariamente si attirano a vicenda;

2° Che due corpi elettrizzati omologamente, cioè della stessa specie di elettricità, e con egual tensione, si respingono;

3° Che due corpi elettrizzati omologamente, ma con diseguale tensione possono anche attirarsi;

4° Che due corpi, allorchè si elettrizzano insieme per istrofinio reciproco, acquistano sempre gli stati elettrici contrarii;

5° Che due corpi conduttori elettrizzati contrariamente, od anche omologamente, ma in diverso grado, posti in comunicazione tra di loro, sia direttamente, sia col mezzo di un corpo conduttore, tendono ad equilibrare ed equilibrano realmente le loro tensioni elettriche.

121. **Perchè i corpi conduttori, attratti da un conduttore elettrizzato, vengono in seguito respinti.** — La ragione di questo fatto è semplicissima. Il corpo attratto ed il corpo elettrizzato, appena si toccano, riescono omologamente elettrizzati e con egual tensione (pel 5° principio dell'art. precedente); indi si respingono (pel 2° principio).

122. **Mezzo per riconoscere la specie di elettricità di cui un corpo è carico.** — Si elettrizzi un pendolino elettrico isolato di elettricità nota, per esempio positiva;

vi si accosti il corpo di cui si vuol conoscere la specie di elettricità. Se il pendolino verrà attratto, il corpo (nell'ipotesi fatta) sarà elettrizzato negativamente; positivamente se il pendolino verrà respinto.

Per ottenere un'elettricità nota suolsi strofinare o percuotere con un pezzo di lana un cilindro di vetro, che si elettrizza in tal modo positivamente, oppure un cilindro di cera lacca, che si elettrizza negativamente.

123. **Induzione elettrostatica.** — Una sfera elettrizzata A (*figura* 53) è posta in vicinanza di un cilindro conduttore isolato BC munito inferiormente di varie coppie di pendolini fatti con fili conduttori. Appena l' azione della sfera si manifesta sul cilindro, veggonsi tosto i pendolini divergere più verso le estremità del cilindro, che verso la metà. I pendolini di mezzo rimarranno paralleli. Allontanando la sfera dal cilindro, cessa ogni divergenza dei pendolini. Prova questo doppio fatto: 1° che il cilindro si elettrizza per la presenza della sfera; 2° che la tensione elettrica è maggiore sulle estremità opposte del cilindro, rimanendo la sezione di mezzo del cilindro allo stato naturale; 3° che non vi ha passaggio reale di elettricità dalla sfera al cilindro, poichè rimossa la sfera, cessa nel cilindro ogni apparenza elettrica.

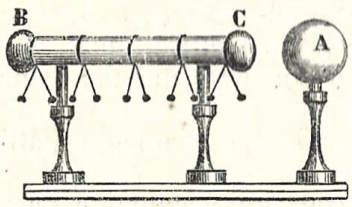


Figura 53

Il cilindro in questo stato dicesi elettrizzato *per influenza* o *per induzione*. La sfera è il corpo *induttore* il cilindro il corpo *indutto*.

La sperienza suolsi anche disporre come vedesi nella figura 54, ove il cilindro AB e la sfera S sono sorretti con braccia isolanti scorrevoli lungo un'asta verticale pure isolante.

Esplorando lo stato elettrico delle estremità del cilindro indutto, si trova, che l'estremità più prossima alla sfera induttrice è elettrizzata contrariamente a questa, e che l'estremità opposta è elettrizzata omologamente alla sfera.

Ciò avviene essendo il cilindro isolato; ma ove il medesimo comunichi col suolo, stando la sfera elettrizzata in vicinanza del cilindro, i pendolini daranno ancora segno di elettricità, ma con diversa distribuzione. Essi divergeranno in tutta l'estensione del cilindro, e la divergenza andrà scemando dall'estremità C (*figura* 53), più vicina alla sfera, fino all'estremità B più lontana.

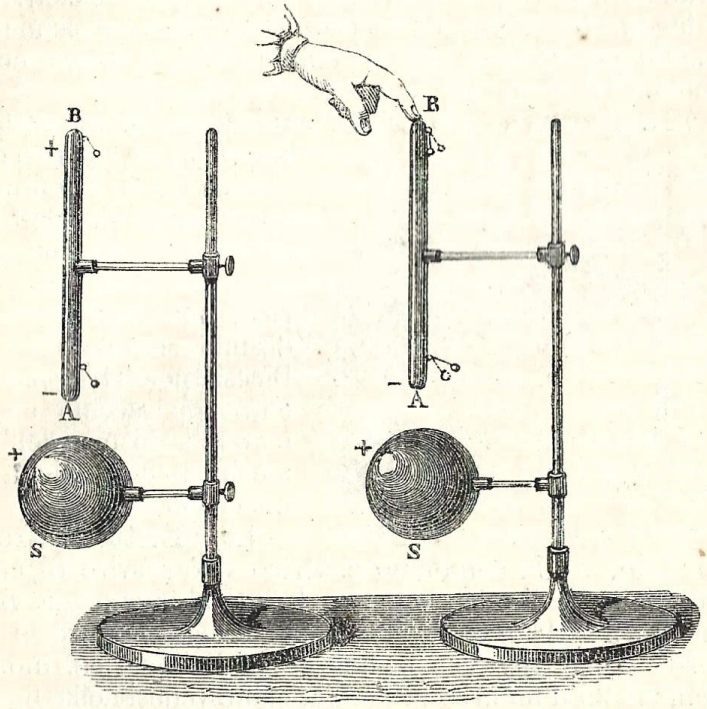


Figura 54 Figura 55

Allontanando la sfera cessa anche in questo caso ogni apparenza elettrica nel cilindro. Ma se, mentre il cilindro è per induzione elettrizzato, troncasi ogni sua comunicazione col suolo, anche allontanando la sfera, continuerà il cilindro ad essere elettrizzato, ed i pendolini divergeranno ancora, indicando una distribuzione dell'elettricità quale ha luogo ordinariamente in un cilindro conduttore isolato, lontano da ogni altra influenza.

La sperienza riesce più sensibile ed istruttiva quale è indicata nella (*figura* 55), ove AB rappresenta il cilindro indutto, ed S la sfera inducente. Il pendolino superiore più divergente e l'inferiore meno divergente rappresentano la posizione col cilindro isolato. Appena lo si tocca col dito, si abbassa alquanto il pendolino superiore e cresce la divergenza dell'inferiore, dimostrando una diversa distribuzione della tensione elettrica. Il fenomeno ha luogo precisamente alla stessa maniera, qualunque sia il punto del cilindro che si tocca colla mano.

124. **Elettroscopio, elettrometro.** — Dicesi *elettroscopio* ogni apparecchio destinato a far conoscere se un corpo sia elettrizzato o no, e di che specie di elettricità sia carico, nel caso che il medesimo sia elettrizzato. Dicesi poi *elettrometro* ogni apparecchio destinato alla misura dell'intensità dell'elettricità di un corpo.

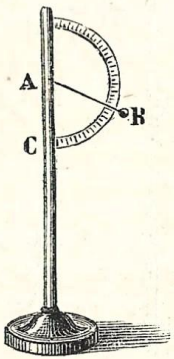


Figura 56

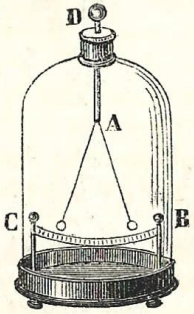


Figura 57

125. **Elettrometro a pendolo.** — Un pendolino elettrico può servire di elettroscopio e di elettrometro. Infatti abbiamo già visto (art. 119 e 122) che con esso si può riconoscere se un corpo sia elettrizzato e di che elettricità sia carico. Inoltre munendolo d'un arco graduato, come vedesi nella figura 56, ove il pendolino è rappresentato in AB, posto il corpo elettrizzato in comunicazione coll'asta AC, che regge il pendolino, questo e quella si elettrizzeranno omologamente al corpo; il pendolino si allontanerà dalla verticale AC, e dall'angolo di deviazione BAC, misurato sull'arco graduato, si riconoscerà la tensione dell'elettricità del corpo.

126. **Elettrometro a foglie d'oro.** — L'elettrometro a foglie d'oro, detto di Bennet, consiste in due sotti-

lissime foglie d'oro AB, AC (*figura* 57), poste in una campana di vetro, riunite pel capo A, comunicanti col mezzo di corpi conduttori colla piccola sfera metallica D esterna. Nella posizione naturale esse rimangono addossate l'una all'altra verticalmente, ma se tocchisi la sfera D con un corpo elettrizzato, l'elettricità comunicasi alle due foglie; esse divergeranno in conseguenza, e dall'angolo che faranno, misurato su di un arco graduato BC, si deduce la tensione elettrica del corpo con cui si è toccata la sfera D.

Soglionsi anche adoperare, come faceva Volta, invece delle foglie d'oro, due pagliuzze, nelle quali si produce il medesimo effetto.

Notisi, che per esplorare con questo elettrometro se un corpo sia elettrizzato, non è necessario di portare il corpo in contatto colla sfera D dell'apparecchio, ma basta avvicinarlo alla medesima. In vero l'elettricità del corpo agirà allora per induzione sull'apparecchio; nascerà nella sfera D uno stato elettrico contrario, e nelle foglie d'oro uno stato elettrico omologo al suo, e così le medesime divergeranno.

127. **Distribuzione dell'elettricità sulla superficie dei corpi.** — La sperienza dimostra, che l'elettricità nei corpi conduttori sta tutta alla superficie, e vi si distribuisce con varia tensione nelle varie parti, secondo la forma di queste. Se il conduttore è una sfera lontana da qualunque influenza estranea, l'elettricità si distribuisce uniformemente su tutte le parti della superficie di essa; se ha forma d'uovo, essa si porta in maggior copia verso i vertici, se ha costole taglienti, o punte acute, l'elettricità si accumula quasi intieramente su queste.

128. **Potere delle punte.** — Un corpo conduttore elettrizzato positivamente o negativamente, e terminato in punta perde prontissimamente il suo stato elettrico; se la sua elettricità è positiva, essa acquista sulla punta una così grande tensione, che vince la resistenza dell'aria, e si slancia sui conduttori vicini; se è negativa, la deficienza di pressione alla punta permette all'elettricità

dei corpi vicini di slanciarsi sopra di questa, e di ridurre il corpo allo stato naturale.

Questa cosa costituisce il così detto potere delle punte. Presentata ad un corpo elettrizzato, a certa distanza, la punta di un corpo conduttore comunicante col suolo, prontamente il primo corpo riducesi allo stato naturale, perchè la punta si elettrizza per induzione ed invia al corpo un flusso di elettricità positiva, se il corpo è elettrizzato negativamente, o sottrae al corpo l'elettricità sua positiva, nel caso contrario.

Su questa proprietà è fondata la costruzione dei parafulmini.

129. **Scintilla elettrica.** — L'elettricità a tensione considerevole non si manifesta solo con azioni attrattive e ripulsive, ma ancora con fenomeni luminosi. Si accosti ad un conduttore fortemente elettrizzato un altro conduttore di forma rotondeggiante, come sarebbe una sfera metallica, od anche la mano dell'osservatore. Si osserverà tra i due corpi ciò, che si dice una scarica elettrica, la quale si manifesta con una scintilla elettrica più o meno energica, accompagnata da un piccolo scoppietto. Se la scintilla è tratta colla mano, l'osservatore prova in questa una specie di piccola puntura o commozione, la quale si sente specialmente nelle giunture delle dita; e, se la scarica è più forte, nel gomito e nella spalla.

La distanza a cui si slancia la scintilla elettrica può variare da una frazione di millimetro a più decimetri; tale distanza dipende essenzialmente dalla tensione elettrica di uno o di ambidue i corpi, tra i quali la scintilla ha luogo, dalla forma e conduttività de corpi stessi, e dalla natura del coibente frapposto.

La scintilla si slancia con tale celerità tra i due corpi, che riesce impossibile di scorgere se la medesima cammini piuttosto in una direzione, che in un'altra. Però allorchè la scintilla ha una lunghezza considerevole si osserva costantemente ch'essa cammina tra i due corpi a zig zag, o, come dice Beccaria, in direzione uncinata, a guisa della folgore.

Tra due corpi omologamente elettrizzati e con egual tensione la scintilla non si manifesta.

130. **Uovo elettrico.** — Nel vuoto della macchina pneumatica la scarica elettrica non prende più la forma di scintilla, ma di luce rosso-violacea, diffusa tra i due conduttori. Per dimostrare questa cosa si suol fare la sperienza detta dell'*uovo elettrico*, il quale consiste in un globo oblungo di vetro della forma di un uovo, nei cui vertici penetrano i due conduttori tra i quali dovrà succedere la scarica (*figura* 58). Estratta l'aria dal globo, si procuri in qualunque modo la scarica elettrica tra i due conduttori; operando nelle tenebre, si osserverà ad ogni scarica una luce rosso-violacea, diffusa nel globo.

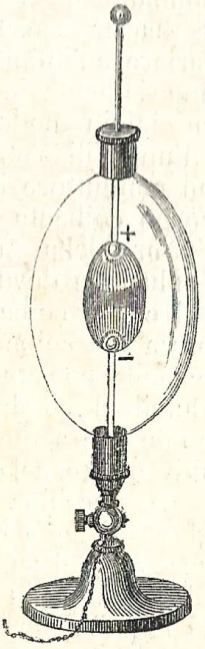


Figura 58

131. **Stelletta e fiocchetto.** — La scintilla cessa pure di aver luogo nel modo ordinario allorquando l'elettricità si scarica per le punte conduttrici (articolo 128). Se questo fenomeno ha luogo nelle tenebre, il flusso elettrico sulle punte si presenta ora con una luce viva e concentrata sulla punta stessa, alla qual luce si dà il nome di *stelletta*, ed ora con una luce meno viva e più diffusa, detta *fiocchetto*. Ha luogo la stelletta allorchè sulla punta vi ha tensione negativa, e scaricasi sopra di essa l'elettricità positiva dei corpi vicini; ha luogo al contrario il fiocchetto allorchè esce dalla punta l'elettricità positiva.

132. **Fuochi lambenti.** — Parlando della luce elettrica possiamo pure ricordare il fenomeno generalmente conosciuto dell'onda luminosa, che segue la mano, quando nelle tenebre la si fa scorrere lungo la pelle di un gatto, di una volpe, di un coniglio e simili, o sulla criniera di un cavallo, o sopra una semplice cravatta di seta. Alcuni dànno a questa luce il nome di *fuochi*

lambenti, i quali debbono distinguersi da altri fuochi lambenti, che consistono in un'atmosfera particolare leggermente luminosa, che scorre talvolta sulla faccia e sul corpo dei malati.

133. **Macchine elettriche.** — Per istituire comodamente le sperienze elettriche conviene avere un mezzo di procurarsi, sempre che occorra, uno sviluppo abbondante di elettricità. Per questo fine s'immaginarono le macchine elettriche, la cui forma e costruzione può variare all'infinito. Le macchine comuni consistono ordinariamente in un corpo coibente, che si fa girare tra cuscini in modo, che dal suo strofinio ne nasca uno sviluppo di elettricità. Di fronte al corpo coibente sta un conduttore isolato munito di punte, rivolte verso il corpo coibente stesso; esso dicesi semplicemente il *conduttore* della macchina. Le punte si elettrizzano per l'induzione dovuta all'elettricità sviluppata per istrofinio sul corpo coibente, ed un flusso di elettricità positiva passa dal coibente alle punte, o dalle punte al coibente, secondo che questo è elettrizzato in più od in meno. Quindi il conduttore si elettrizza positivamente se le punte sue stanno di fronte al coibente elettrizzato positivamente, nel caso contrario si elettrizza negativamente.

La macchina di Ottone di Guericke consisteva in un globo di zolfo che si faceva girare sotto la mano o tra cuscini. I fisici sostituirono poscia al globo di zolfo uno di vetro, e più tardi al globo si sostituì un cilindro ed al cilindro un disco, come nella macchina ordinaria attuale.

134. **Macchina elettrica ordinaria.** — La figura 59 rappresenta la macchina elettrica, che più frequentemente s'incontra ne' gabinetti di fisica. AB è un disco di vetro che si fa girare sul suo asse con un manubrio M fra due cuscini di cuoio pieni di crine, tenuti contro il disco da un apposita molla e comunicanti col suolo. C e D sono due cilindri d'ottone sostenuti da gambe di vetro; essi formano il conduttore. La parte del conduttore che è rivolta verso il disco AB è munita di varie punte in forma di un pettine piegato di fronte alle due facce del

disco. Le altre estremità di esso conduttore debbono terminare in forma rotondeggiante, affinchè non succeda una troppo rapida dispersione dell'elettricità accumulata sul conduttore. Un elettrosopio H serve per lo più a indicare lo stato elettrico della macchina.

L'elettricità che somministra questa macchina è positiva.

Affinchè la macchina possa agir bene è necessario che i sostegni di vetro del conduttore siano bene asciutti, e non troppo umida sia l'aria, che circonda il conduttore, perchè altrimenti l'elettricità di questo si perderebbe troppo presto parte per l'aria e parte pei sostegni non sufficientemente isolanti.

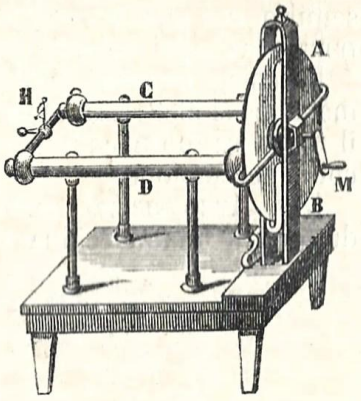


Figura 59.

I cuscini poi, tra cui gira il disco di vetro, debbono essere spalmati di un'amalgama di stagno od anche, come si usa da molti, di deuto-solfuro di stagno.

Se la macchina è in buono stato, facendo girare il disco, vedesi tosto l'elettroscopio dar segni di elettricità crescente sul conduttore, e sentesi contemporaneamente un crepolio elettrico.

Cessata la rotazione del disco, l'elettricità sul conduttore va gradatamente scemando, finchè, dopo un certo tempo, il conduttore torna allo stato naturale.

135. **Elettroforo di Volta.** — L'elettroforo immaginato da Volta può fare le veci di macchina elettrica, servendo, con una sola elettrizzazione di una superficie coibente, a caricare più volte di seguito di elettricità un disco conduttore. Esso consiste in un disco coibente formato con uno strato di sostanza resinosa, versata su di un piatto qualunque, ed in un disco conduttore, munito di manubrio isolante. Si percuote il disco coibente con una pelle di gatto o con un pezzo di lana. Esso

viene in tal modo elettrizzato negativamente. Ponesi dopo su di esso il disco metallico, mettendolo momentaneamente col dito in comunicazione col suolo. Preso poscia quest'ultimo disco pel manubrio, si sollevi. Accostandovi il dito, od un corpo conduttore rotondeggiante, se ne trarrà una scintilla elettrica. Senza elettrizzare di nuovo il disco coibente, si può ripetere più volte di seguito col disco conduttore la stessa operazione, e trarne ad ogni volta la scintilla.

La spiegazione di tale fatto è semplicissima. Il disco metallico si elettrizza ad ogni volta per induzione, mentre il disco resinoso conserva la sua elettricità sviluppata colla percussione.

136. **Arco eccitatore.** — Accostando la mano al conduttore di una macchina elettrica in azione, se ne trae

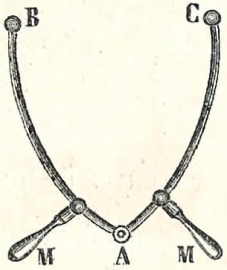


Figura 60

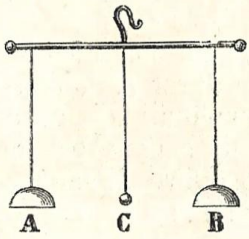


Figura 61

tosto una scintilla e si prova la commozione elettrica. Ma nelle migliori macchine elettriche le scintille hanno talvolta più di un decimetro di lunghezza, e sarebbe imprudente il trarle colla mano. Si fa uso allora dell'arco eccitatore, il quale si adopera ogni volta che occorra di annullare una forte carica elettrica. Consiste l'arco eccitatore in due archi metallici AB, AC (*figura* 60), uniti a cerniera in A, e muniti ciascuno di un manubrio isolante M. Tenendo l'eccitatore pe'manubri, si pone una sua estremità in comunicazione col suolo, e si trae coll'altra estremità la scintilla dal corpo elettrizzato.

137. **Scampanio, ragno e ballo elettrico.** — Moltissime sono le sperienze, che si possono fare coll'elet-

tricità delle macchine elettriche. La massima parte di quelle che ho descritto nei paragrafi precedenti si fanno appunto con tali macchine. Eccone alcune altre che soglionsi fare per istudio, o per passatempo.

Tra due campane metalliche A, B (*figura* 61), una isolata ed elettrizzata, l'altra comunicante col comune serbatoio, è mobile un globicino metallico C, appeso ad un filo di seta. Attirato questo pendolino dalla campana elettrizzata, verrà tosto dalla medesima respinto verso l'altra campana, ove perde l'elettricità acquistata pel contatto colla prima. Il pendolino adunque dopo di

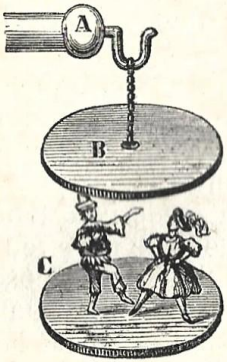


Figura 62

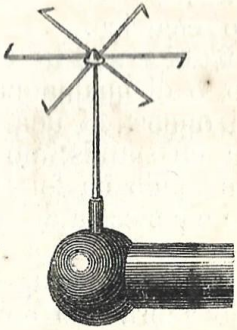


Figura 63

ciò sarà di nuovo in tale stato da poter essere attratto dalla campana elettrizzata: onde continua il suo movimento, e percuotendo ad ogni oscillazione sulle campane, produce lo scampanio. Se non che ad ogni oscillazione il globicino di metallo porta via dalla campana una piccola dose di elettricità, cosicchè cesserà dopo breve tempo ogni moto del pendolo, ove non si restituisca alla campana l'elettricità perduta, il che si ottiene mettendo la campana in comunicazione col conduttore della macchina. Invece del globicino metallico si metta un corpo conduttore in forma di ragno e si avrà il ragno elettrico. Il ballo elettrico succede allo stesso modo tra due lastre metalliche orizzontali poste l'una sotto l'altra, come vedesi nella *figura* 62, nella quale il piatto B

comunica col conduttore A della macchina ed il piatto C col suolo.

138. **Girandola od arganello elettrico.** — Sopra un albero verticale conduttore isolato è collocata in piano orizzontale una croce formata di due o più fili metallici terminati in punta (*figura* 63). Questa croce può girare nel suo piano intorno all'albero che le serve di asse, ed i suoi bracci sono all'estremità loro piegati ad angolo retto nel piano stesso e tutti nel medesimo verso. Mettendo l'arganello in comunicazione col conduttore della macchina, l'elettricità si porta verso le punte della croce, sfugge per le medesime, generando nella croce per reazione un moto rotatorio in senso opposto a quello dell'efflusso elettrico.

139. **Tubi e quadri scintillanti.** — Sopra una lastra di vetro o di qualunque materia coibente, munita su due lati opposti di una cornice o lembo conduttore, si distenda un sottilissimo nastro metallico piegato sulla lastra in modo da formare sulla medesima tante liste parallele e a piccola distanza le une dalle altre, ed estese fin presso al lembo conduttore. Si facciano poscia nel nastro con appositi tagli delle interruzioni di continuità. Mettendo allora uno dei lati conduttori della lastra in comunicazione col conduttore della macchina elettrica, e l'altro col suolo, l'elettricità, percorrendo il nastro metallico, ad ogni interruzione di questo darà luogo ad una scintilla; e se i tagli del nastro sono fatti in modo da formare un disegno, apparirà nelle tenebre il disegno luminoso. La stessa cosa si può fare su tubi di vetro o su corpi di forma qualunque. Frequentemente invece del nastro si fa aderire al corpo coibente una polvere metallica spruzzata qua e là irregolarmente e con interruzioni. Allora le scintille succedono irregolarmente con bellissimo effetto.

140. **Figure di Lichtenberg.** — Sopra una superficie resinosa si fa scorrere un corpo conduttore fortemente elettrizzato in modo da tracciare linee formanti un disegno od una scrittura invisibile. Sulla medesima superficie si tracciano poscia linee pure invisibili con

un altro conduttore carico di elettricità contraria a quella del primo; si sparga in seguito sulla superficie stessa con un piccolo mantice una polvere mista di minio e zolfo agitati insieme. Il minio per lo strofinio si elettrizza positivamente, e aderirà alla superficie resinosa sulle linee ove passò l'elettricità negativa. Lo zolfo aderirà alle altre linee, e si formerà in tal modo un disegno a due colori.

141. **Scabello isolatore.** — Volendo elettrizzare il corpo di un uomo, o di un animale qualunque, lo si fa montare sopra uno sgabello isolatore a gambe di cristallo, e comunicare per una catenella metallica col conduttore della macchina. Accostando la mano all'individuo elettrizzato, se ne trae la scintilla da qualunque parte del corpo. I capelli di questo individuo si drizzano per ripulsione reciproca. La persona elettrizzata non prova dolore di sorta; solo sente la commozione elettrica ad ogni scintilla, che traggasi dal suo corpo.

142. **Condensatore di Cuneus e di Leida.** — Tengasi, come ha fatto Cuneus verso la metà del secolo scorso a Leida, d'onde venne il nome dell'apparecchio, colla mano un recipiente di vetro contenente acqua, e pongasi questa in comunicazione col conduttore della macchina elettrica per elettrizzarla. Se, dopo avvenuta l'elettrizzazione dell'acqua, vi tuffiamo il dito dell'altra mano, succede nello sperimentatore una commozione assai più forte di quella, che ha luogo colla scintilla tratta dalla macchina elettrica. Lo stesso avviene sostituendo all'acqua una foglia metallica la quale ricopra gran parte della parete interna del vaso. Elettrizzando per comunicazione col conduttore della macchina elettrica questa foglia, che prende il nome di *armatura interna*, mentre si tiene con una mano la bottiglia, e toccando poscia coll'altra mano la foglia, provasi una commozione, che potrebbe riuscire nociva, se la carica dell'armatura fosse troppo grande. Invece di tenere colla mano la bottiglia, rivestesi la parete esterna di un'altra foglia metallica, che dicesi *armatura esterna*. L'armatura interna porta un'asta metallica, che sporge fuori del vaso e termina superiormente in forma di globo o di corpo rotondeg-

giante. Tale è l'apparecchio, cui si dà il nome di *giara, boccia, bottiglia,* od anche *condensatore di Leida o di Cuneus.*

Mettendo l'armatura esterna in comunicazione col suolo e l'interna col conduttore della macchina, caricasi per contatto di elettricità positiva l'armatura interna e per induzione di elettricità negativa l'armatura esterna. La condensazione elettrica, che naturalmente si produce, può rendere la carica assai energica, cosicchè adoperando un condensatore di gran superficie e con carica considerevole, sarebbe imprudente il procurare la scarica colle mani. Adoperasi per questo effetto l'arco eccitatore. Può accadere, e realmente accade qualche volta, che la tensione elettrica del condensatore superi la resistenza che oppone il vetro al passaggio dell'elettricità. Allora avviene la scarica a traverso al vetro, il quale vien forato da parte a parte, e talvolta rotto pel passaggio dell'elettricità.

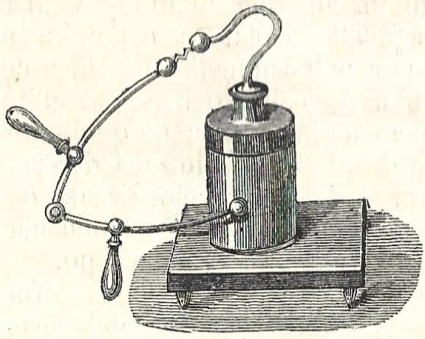


Figura 64

La scarica coll'arco eccitatore si fa tenendo l'arco pe' suoi manubri, e portando una sua estremità in contatto coll'armatura esterna, e l'altra col bottone dell'asta comunicante coll'armatura interna (*figura* 64). All'istante della comunicazione delle due armature, succede una scintilla ed uno scoppio più o meno forte secondo la carica del condensatore. Facendo comunicare una seconda volta coll'arco le due armature, succede una seconda scarica assai meno energica, dovuta all'elettricità residua aderente al vetro.

Gli stessi fenomeni hanno luogo caricando inversamente il condensatore, cioè mettendo in comunicazione col suolo l'armatura interna, e col conduttore della macchina l'armatura esterna.

143. **Batteria elettrica.** — La batteria elettrica è una riunione di bottiglie o giare di Leida, le cui armature interne comunicano tra di loro metallicamente, mentre le esterne sono tutte in comunicazione col suolo (*figura* 65). Esse producono lo stesso effetto ed agiscono come una sola e grande bottiglia, la cui armatura interna sia eguale, in estensione, alla somma delle armature interne della batteria, e l'armatura esterna eguagli la somma delle armature esterne.

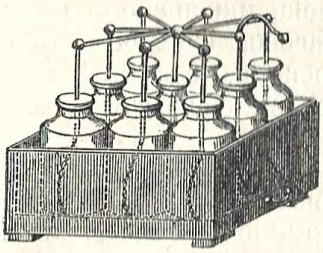


Figura 65

È grandemente importante, che le giare, di cui si compone una batteria, siano tutte di eguale capacità e di eguale energia.

144. **Effetti di una batteria elettrica.** — Gli effetti di una batteria possono diventare formidabili. Essi distinguonsi in chimici, fisici e fisiologici.

145. **Effetti chimici.** — La scarica della boccia di Leida produce molte combinazioni chimiche. Così se in un miscuglio di gaz detonante, ossia di due parti, in volume, d'idrogeno ed una di ossigeno, succede la scintilla elettrica, all'istante i due gaz si combinano chimicamente per formare l'acqua. Molti metalli per l'azione della scintilla di una batteria si ossidano.

146. **Effetti fisici.** — La scarica di una batteria genera luce, calore e suono. La luce si manifesta colla scintilla, la quale riesce tanto più lunga e grossa, quanto più intensamente era caricata la batteria. La scintilla elettrica di una forte batteria percorre una via non rettilinea, ma angolosa a somiglianza del fulmine. Il calore che si sviluppa è talvolta tanto intenso, che volatilizza i metalli stessi meno fusibili, come sarebbe un sottile filo d'oro o di platino. Il suono è tanto più forte quanto più grande è la carica della batteria. Nelle grandi batterie è paragonabile ad un colpo di pistola. Se sul passaggio dell'elettricità di una batteria all'istante della scarica incontrasi un corpo cattivo conduttore dell'elet-

tricità, esso viene in molti casi rotto e ridotto in minuti pezzi. Se la scarica si fa sopra un ago magnetico, questo talvolta perde il suo magnetismo e talvolta anche si magnetizza in senso contrario, cambiando di polarità.

147. **Effetti fisiologici.** — Una semplice bottiglia di Leida può produrre fortissime commozioni non in una sola, ma anche in molte persone, che dandosi la mano facciano catena e servano coi loro corpi di arco eccitatore per iscaricare la bottiglia. Se la bottiglia fosse grande e molto carica, questa sperienza potrebbe essere pericolosa,

La scarica di una batteria mediocre può uccidere piccoli animali, come conigli, colombi e simili. Con una grande batteria si uccide anche un bue.

Muschembroeck, che nel 1746 scoprì con Cuneus la bottiglia di Leida, scrivendo a Réaumur degli effetti fisiologici di cui parliamo, si espresse dicendo, che la corona di Francia sarebbe un debole compenso al sagrificio di assoggettarsi ad una forte scarica di una bottiglia.

La sperienza di Leida fu tosto ripetuta da tutti i fisici, e la commozione elettrica fu da varii prodotta simultaneamente in più centinaia di persone, che si davano la mano.

CAPO VII.

DELL'ELETTRICITÀ DINAMICA.

148. **Origine della pila.** — Galvani, professore di anatomia a Bologna, osservò casualmente nell'ultimo quarto del secolo passato, che le rane morte di fresco, prive degli intestini, della pelle e delle parti anteriori, appese ad un uncino, si commovono ad ogni trarre di scintilla dal conduttore di una non troppo lontana macchina elettrica. Ciò fa vedere che le rane così preparate hanno una sensibilità elettroscopica sorprendente, e costituiscono uno dei più delicati elettroscopi. Ma Galvani

continuando lo studio di questo genere di fenomeni, venne a conoscere, che la rana si commove pure ogni volta che colle estremità di un arco formato di due metalli differenti si tocca da un lato un nervo lombare e dall'altro un muscolo della coscia o della gamba della rana (*fig.* 66).

Allora Galvani suppose che la rana, preparata al modo ch'egli soleva, fosse una specie di vaso di Leida, le cui armature sono costituite da' nervi e dai muscoli. L'arco metallico, secondo questo modo di vedere, servirebbe di scaricatore alle due elettricità, le quali, nell'atto dell'equilibrarsi genererebbero le commozioni della rana.

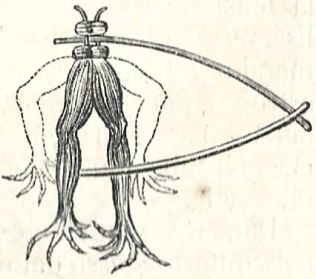


Figura 66.

Volta professore di fisica a Pavia, avendo osservato che per la miglior riuscita della sperienza di Galvani è bene, se non necessario, che l'arco metallico sia composto di due metalli differenti, rovesciò la teoria di Galvani, supponendo che il contatto dei corpi eterogenei, e specialmente dei metalli, costituisca una forza elettromotrice, cioè generi o ecciti le elettricità contrarie nei due corpi. Queste elettricità venendo ad equilibrarsi nella rana della sperienza di Galvani, sarebbero la causa delle commozioni osservate.

Dopo dieci anni di pubblicazioni e di studi in questo senso, Volta pervenne nel 1800 alla costruzione della più portentosa macchina del nostro secolo, la *pila*.

149. **Pila a colonna.** — Su di una superficie isolante pongasi un disco di zinco, e sullo zinco un altro disco di rame. Avremo ciò che si chiama una coppia della pila a colonna. Su questa prima coppia si ponga un disco di cartone o di panno inzuppato in acqua acidula, e sul cartone una seconda coppia di zinco e rame posti nello stesso ordine che nella prima. Continuisi questa costruzione, ponendo nello stesso ordine varie coppie separate da altrettanti dischi di cartone o panno inzuppato in acqua acidula. Sarà così costrutta la pila di Volta.

Essendo essa isolata, mettiamo una delle sue estremità in comunicazione con un elettroscopio; questo darà segno di elettricità positiva, se comunica coll'estremità della pila terminante in zinco, di elettricità negativa, se comunica coll'altra estremità. La tensione elettrica della pila va scemando dai punti estremi fin verso la metà, ov'essa è nulla o debolissima.

Se la pila comunica con una sua estremità col suolo, la tensione elettrica a questa estremità è nulla o debolissima, ma va crescendo fino all'estremità opposta, ov'è massima. Questa elettricità poi è positiva, se il disco estremo non comunicante col suolo è di zinco, negativa nel caso contrario; e la sua intensità è doppia di quella che avrebbe luogo nelle stesse circostanze se fosse la pila isolata.

150. **Causa dell'elettricità in essa.** — Volta suppone nel contatto stesso dei dischi di zinco e di rame la causa eccitatrice della elettricità; i fisici moderni, seguendo Fabbroni, fanno dipendere lo squilibrio elettrico nella pila dalle azioni chimiche che avvengono in essa. L'acqua acidula in contatto collo zinco si decompone nei suoi elementi idrogeno e ossigeno; quello resta libero, questo si unisce allo zinco e l'ossida. Intanto l'ossido di zinco formato si combina coll'acido solforico, e forma solfato di zinco. In questa serie di operazioni starebbe l'origine dell'elettricità della pila.

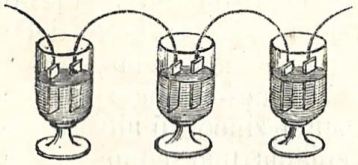


Figura 67.

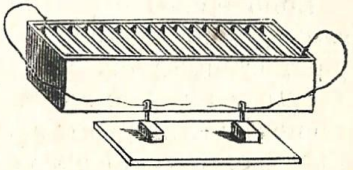


Figura 68.

151. **Pila a corona di tazze.** — La forma di colonna, d'onde nacque il nome di pila, è nell'apparecchio voltaico assai incomoda per varii motivi. Volta stesso ciò riconobbe, e per rimediarvi immaginò la *pila a corona di tazze* (*figura* 67), che consiste in una serie di tazze di vetro o di terra verniciata contenenti acqua

acidula o qualche soluzione salina. In ciascuna tazza s'immergono due lastrette, una di rame, l'altra di zinco, che non si toccano e comunicano solo per l'intermezzo del liquido. Il rame di una tazza qualunque comunica però esternamente collo zinco della tazza seguente. Le tensioni elettriche contrarie si manifestano specialmente sulle lastre estreme.

Altri fisici idearono altre disposizioni della pila. Darò qui un'idea di quelle, che furono o sono ancora più generalmente adottate.

152. **Pila a truogoli.** — Fu questa la prima modificazione della pila fatta da Cruykshanks subito dopo la pubblicazione di Volta. Una cassetta di legno (*figura* 68), lunga e stretta, rivestita di mastice isolante, è divisa in tanti piccoli compartimenti o truogoli da altrettante lastre trasversali, ciascuna delle quali è formata di due lamine, una di zinco, l'altra di rame, saldate insieme. Si versa in ciascun truogolo dell'acqua acidula, e la pila è formata. Come si vede, questa non è che la pila a colonna ridotta ad essere orizzontale, ed in cui ai cartoni conduttori si sostituì l'acqua acidula.

153. **Pila di Wollaston.** — In questa le lastre di zinco e di rame sono attaccate ad una sbarra orizzontale coibente, che si può abbassare od alzare a beneplacito (*figura* 69). Stanno sotto le lastre, formanti le coppie della pila, altrettanti vasi di vetro della forma di parallelepipedo, ripieni di acqua acidula. Le lastre sono disposte in modo, che in ciascuna coppia quella di rame circonda intieramente quella di zinco senza toccarla, e le superficie loro sono in grande vicinanza. Volendo fare agire la pila, non si ha che da abbassare le lastre affinchè s'immergano nell'acqua acidula; per ismontarla basta sollevare le lastre, appoggiando la sbarra all'incavo superiore degli appoggi laterali.

154. **Pile a due liquidi.** — Le pile descritte diconsi ad un solo liquido ed a forza variabile, per distinguerle dalle altre più recentemente costrutte dette a due liquidi ed a forza costante, le quali sono ora quasi esclusivamente adoperate sia nelle applicazioni, sia nelle ricerche

fisiche. Le più comuni fra le pile a due liquidi sono quelle di Daniel, di Grove e di Bunsen.

155. **Pila di Daniel.** — Consiste in un vaso di vetro, o di altra materia coibente, contenente acqua acidulata con un ottavo od un decimo del suo peso di acido sol-

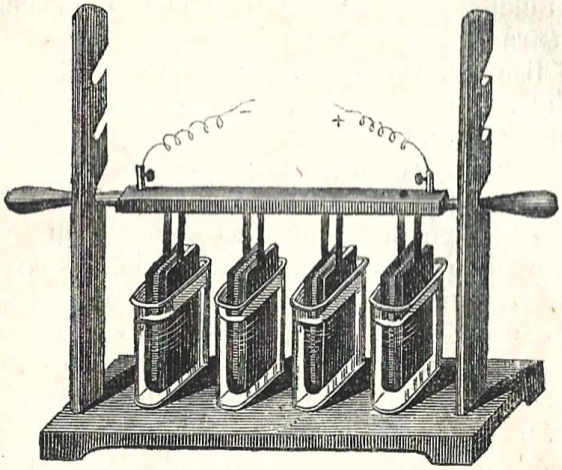


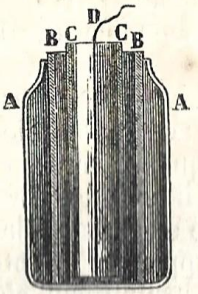
Figura 69.

forico. Dentro all'acqua ponesi una lastra di zinco piegata in forma cilindrica e formante come un vaso senza fondo. Dentro al cilindro di zinco ponesi un vaso cilindrico di terra cotta non verniciata, detto *diaframma poroso,* il quale s'imbeve del liquido in cui è immerso, e fa semplicemente le funzioni di conduttore, come il cartone nella pila a colonna. Nel diaframma poroso si mette una soluzione concentrata di solfato di rame, e dentro a questa un filo od una laminetta di rame. La *figura* 70 mostra una sezione della coppia di Daniel. AA è il vaso coibente, BB lo zinco, CC il diaframma poroso, e D il filo o la laminetta di rame. L'elettricità positiva in questa pila si porta sul rame e la negativa sullo zinco.

L'apparecchio descritto costituisce una sola coppia od un elemento della pila. La batteria o la pila di Daniel è formata da varii di questi elementi riuniti in modo, che lo zinco di uno qualunque di essi comu-

nichi col rame del seguente dal primo fino all'ultimo. Fu questa prima pila a forza costante immaginata da Daniel nel 1836.

156. **Pila di Grove.** — Si metta nella pila di Daniel invece della soluzione di solfato di rame, acido nitrico del commercio, ed invece della laminetta di rame una di platino e si ha la pila di Grove. L'elettricità positiva si porta sul platino, la negativa sullo zinco.



Figuca 70.

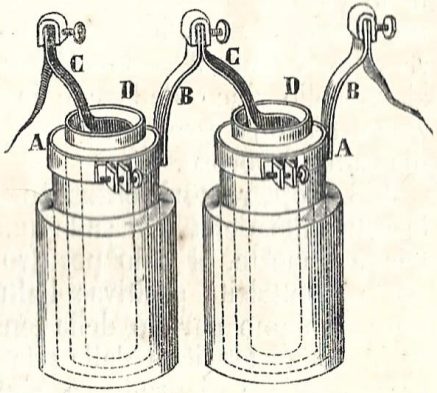


Figura 71.

157. **Pila di Bunsen.** — Il prezzo troppo elevato del platino impediva che l'uso della pila di Grove si rendesse generale. Bunsen ha trovato il modo di apparecchiare il carbone di maniera, che potesse sostituirsi al platino della pila di Grove. Si prende per questo della polvere finissima di carbone coke, che si mescola con zucchero o melassa, e si fa cuocere ad altissima temperatura in apposite forme di ferro. Il semplice coke ben cotto e di buona qualità serve egualmente, ma è più difficile a ridursi alla forma voluta. È dunque la pila di Bunsen la stessa che quella di Grove, solo invece della lastretta di platino, in essa si fa uso di un cilindro di carbone preparato come si disse.

Nella pila di Bunsen è indifferente lasciare il carbone dentro al diaframma poroso, e lo zinco fuori, ovvero porre fuori il carbone ridotto a forma di cilindro cavo, e dentro lo zinco. Ciò che è essenziale si è, che il car-

bone sia immerso nell'acido nitrico, e lo zinco si trovi nell'acido solforico dilungato con acqua, essendo i due liquidi separati dal diaframma poroso.

In questa pila l'elettricità positiva si porta sul carbone, la negativa sullo zinco.

La *figura* 71 rappresenta due elementi o coppie della pila di Bunsen collo zinco nel diaframma poroso e col cilindro cavo di carbone fuori del diaframma. Il carbone è un po' più alto che il vaso di vetro, ed è munito di un collarino metallico A, portante un'appendice B, che serve a mettere il carbone di una coppia in comunicazione collo zinco della coppia seguente. Il cilindro di zinco termina esso pure con un'appendice C. D è il diaframma poroso.

158. **Poli, reofori, corrente elettrica.** — Diconsi *poli* le estremità della pila sulle quali si accumulano le elettricità opposte. Il polo positivo è quello verso cui si porta l'elettricità positiva; l'altro è il polo negativo. Finora abbiamo parlato della tensione elettrica della pila, ossia della elettricità dalla pila sviluppata in quanto che essa è capace di produrre effetti sensibili sull'elettroscopio. Ma se uniscansi ai poli della pila due fili conduttori, detti *reofori,* e portinsi le estremità di questi a mutuo contatto, cessa ogni fenomeno di tensione elettrica, e nell'istante in cui i due reofori si uniscono pei loro capi, l'elettricità positiva deve precipitarsi sul reoforo unito al polo negativo, generando l'equilibrio elettrico.

Cesserà in tale stato l'azione elettromotrice della pila? No certamente, perchè gli elementi di essa conservano ancora la stessa disposizione. L'elettricità positiva rifluirà ancora dalla pila verso il polo positivo, ed al polo negativo si formerà un vuoto elettrico. Ma a misura che ciò si produce, l'equilibrio elettrico deve ristabilirsi per l'unione dei reofori. Vi sarà adunque un flusso continuo di elettricità positiva, che nei reofori va dal polo positivo al negativo della pila, e nella pila dal negativo al positivo. Questo flusso costituisce ciò, che si chiama la *corrente elettrica.*

Che l'unione de' reofori non distrugga l'azione elettromotrice della pila si riconosce da ciò, che interrompendo e ristabilendo successivamente tante volte, che si desidera, quest'unione, se la pila è abbastanza forte, si ottiene ad ogni interruzione la scintilla elettrica.

Lo sviluppo elettrico nella pila è tale, che si può con essa quasi istantaneamente caricare estesissime batterie elettriche.

Vedremo nel seguito molti altri fatti, che provano la esistenza della corrente elettrica ne' reofori riuniti.

159. **Direzione della corrente.** — Pertanto nella pila essendo i reofori riuniti, si stabilisce la corrente, la quale va pei reofori dal polo positivo al negativo, ove giunta continua il suo corso nella macchina dal polo negativo al positivo, per circolare così perpetuamente.

160. **Circuito.** — La serie dei conduttori, che l'elettricità così circolante percorre, dicesi *circuito elettrico*. Il circuito poi dicesi compito o chiuso quando la corrente elettrica può in esso stabilirsi; in caso contrario esso è interrotto od aperto, e l'elettricità rimane allo stato di semplice tensione, quale si trova nelle macchine, che abbiamo studiato nel capo precedente.

161. **Pila in serie e pila in batteria.** — Finora ho sempre supposto, che allorquando la pila consta di due o più elementi o coppie, due coppie consecutive qualunque della pila fossero riunite pe' loro poli opposti. In questo modo di disposizione degli elementi, detto *in serie*, o anche *in tensione*, la porzione di corrente sviluppatasi da ciascuna coppia deve attraversare tutte le altre coppie formanti parte del circuito, Frequentemente gli elementi di una pila si dispongono anche nel modo seguente; si fanno comunicare tutti i poli positivi delle singole coppie con un solo conduttore, il quale costituisce il reoforo positivo, e tutti i poli negativi con un altro conduttore, che sarà il reoforo negativo. In questo modo di disposizione degli elementi, detto *in batteria*, od anche *in quantità*, la porzione di corrente generata da ciascuna coppia, all'uscire dai poli di questa, si sud-

divide in varii rami, uno de' quali percorre il circuito formato dai reofori, mentre gli altri attraversano le altre coppie della pila.

162. **Effetti della corrente.** — Molti sono gli effetti e molte le applicazioni utili della corrente elettrica. Qui mi limiterò ad accennare alcuni de' suoi principali effetti, i quali si sogliono distinguere in fisici, fisiologici e chimici.

163. **Effetti fisici.** — Trovandosi la corrente elettrica contrariata per l'interposizione di qualche corpo non troppo buon conduttore o non abbastanza esteso, essa produce effetti calorifici e luminosi, la cui intensità dipende dall'energia della pila e dalle circostanze della sperienza. Una pila a molte coppie può produrre tale calore da fondere e volatilizzare i metalli più infusibili. Si uniscano le estremità de' reofori di una forte pila con un filo di platino sottile ed a spirale. Si vedrà questo venir tosto incandescente e cadere in piccole gocce fuse.

Facendo terminare ciascun de' reofori in due piccole verghe di carbone fortemente calcinato, e portate le estremità dei due pezzi di carbone a contatto, se la pila è abbastanza forte (quaranta elementi di Bunsen sono sufficienti), al separarsi dei carboni si manifesta una luce vivissima che continua e si allunga allontanando lentamente i carboni, e può acquistare con una gran pila una lunghezza di più centimetri. La luce che si ottiene in questo modo è superiore in intensità ad ogni altra luce artificiale e può paragonarsi alla luce solare. Si spera di rendere la luce elettrica applicabile all'illuminazione cercando il mezzo di renderla più stabile e meno costosa, e di frazionarla in modo da poterla distribuire a varii centri.

Nella sperienza della luce elettrica il carbone che forma il polo positivo va consumandosi ed accorciandosi, mentre l'altro o non consuma, che assai lentamente, ovvero talvolta anche si accresce pel trasporto delle particelle del primo.

Il fenomeno luminoso di cui trattiamo prende sovente il nome di *arco voltaico* o *di Davy*, per la forma ar-

cuata della luce. Davy fu il primo ad osservare l'arco voltaico colla sua pila di due mila elementi.

Altri effetti fisici della massima importanza, generati dalla corrente elettrica, verranno studiati negli articoli seguenti.

164. **Effetti fisiologici.** — Toccando con ambe le mani simultaneamente e a più riprese i poli di una forte pila, provasi una particolare commozione nelle articolazioni delle dita e della mano, e talvolta anche nel gomito, nelle spalle ed in tutto il corpo. Formando una catena di più persone, di cui le due estreme tocchino i poli al modo che si è detto, la commozione si fa sentire da tutte contemporaneamente. Lo sperimento riesce meglio facendo terminare ciascun reoforo in un bicchiere di mercurio, ed immergendo un dito di una mano in un bicchiere, ed uno dell'altra nell'altro bicchiere, e facendo interrompere e ristabilire più volte di seguito il circuito.

La corrente elettrica presenta al gusto, alla vista ed all'udito sensazioni speciali, quando gli organi di questi sensi vengano introdotti nel circuito.

Ponendo nel circuito elettrico di una forte pila il corpo di un animale recentemente morto, ottengonsi in esso commozioni e convulsioni, somiglianti a quelle della rana in contatto coi due metalli eterogenei. Si può consultare in proposito l'*Essai théorique et expérimental sur le galvanisme* (Parigi 1804) di Giovanni Aldini professore bolognese.

165. **Effetti chimici.** — Si facciano terminare i due reofori in due lastrette di platino, e queste si immergano a piccola distanza l'una dall'altra nell'acqua un poco acidula. Si vedrà tosto, che una serie di bollicine gassose staccansi dalle lastrette di platino salendo nell'acqua. Raccogliendo in apposite campanelle i gas che si sviluppano, trovasi che il gas raccolto dal polo positivo è ossigeno, l'altro idrogeno. Succede pertanto la scomposizione dell'acqua operata dalla corrente elettrica. Questa scomposizione è tanto più sollecita, quanto più energica è la corrente; quindi dal volume de' gas, che

si raccolgno in un tempo determinato, si può giudicare dell'intensità della corrente. Su questo principio è fondato il *voltametro*, ossia misuratore dell'intensità della corrente voltaica, il quale consiste in un vaso di vetro (*figura* 72) contenente acqua acidula, in cui s'immergono capovolte e piene d'acqua due campanelle. Due fili conduttori attraversano la parete del vaso e comunicano con due lastrette di platino che stanno nella parte inferiore delle campanelle. Facendo comunicare i reofori di una pila abbastanza energica coi fili del voltametro, succede la decomposizione dell'acqua.

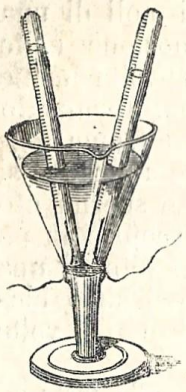


Figura 72

166. **Sperienza d'Oersted.** — Oersted scoprì nel 1819 una importantissima relazione tra l'elettricità dinamica ed il magnetismo, relazione che diede origine ad un nuovo ramo della fisica, all'*elettro-magnetismo*, ricco di fatti e di applicazioni tali, che fanno meritamente riguardare la scoperta della pila fatta da Volta come una delle più grandi e più importanti, che mai siansi fatte dagli uomini.

Ecco la scoperta di Oersted. Sospeso l'ago magnetico pel suo centro di gravità, e lasciatolo dirigere nella sua posizione naturale, se accanto e parallelamente ad esso si fa passare una corrente elettrica, tosto ei prende una nuova direzione e tende a disporsi perpendicolarmente alla corrente. Mutata la direzione di questa senza cambiare la posizione rispettiva dell'ago e del conduttore della corrente, succede ancora la deviazione dell'ago, ma in senso opposto.

167. **Destra e sinistra della corrente.** — Per meglio definire la direzione, che prende l'ago sotto l'influenza di una corrente elettrica, è d'uopo stabilire che cosa s'intenda per destra e per sinistra di una corrente rispetto ad un ago. Immaginiamo un uomo disteso sulla corrente colla faccia rivolta verso l'ago, e formante, per così dire, parte del circuito, in modo che la corrente entri pe' suoi piedi ed esca pel capo. La destra e la si-

nistra di quest'uomo sono la destra e la sinistra della corrente. Questa denominazione introdotta da Ampère, l'illustre fondatore della *teoria elettro-dinamica*, venne da tutti i fisici adottata.

168. **Legge.** — Un ago magnetico sottoposto all'azione di una corrente, tende a disporsi perpendicolarmente alla direzione di essa, ed il suo polo nord (art. 109) si porta costantemente alla sinistra della corrente, il polo sud alla destra.

169. **Modo di determinare la direzione della corrente.** — Il fatto descritto serve a far conoscere la direzione della corrente. Per la qual cosa ecco come si opera. Si sottoponga un ago all'azione di una corrente di direzione incognita. Osservando da qual parte devia il polo nord dell'ago, si saprà che da quella si trova la sinistra della corrente; onde coricato idealmente un uomo sul filo conduttore della corrente colla faccia rivolta verso l'ago in modo, che la sua sinistra sia dalla parte del polo nord dell'ago, la direzione della corrente sarà dai piedi alla testa di quest'uomo.

Viceversa, conoscendo la direzione della corrente, si viene a conoscere quale sia il polo nord e quale il polo sud dell'ago.

170. **Moltiplicatore.** — L'ampiezza della deviazione dell'ago, a parità di altre circostanze, dipende dalla intensità della corrente. Una debole corrente potrebbe far deviare l'ago di una quantità piccolissima e appena sensibile. Si rende più intensa l'azione della corrente ripiegando il filo conduttore di essa intorno all'ago in tante spire parallele, sempre nel medesimo senso, ed in modo che l'ago sia libero di girare internamente in un piano perpendicolare alle spire. Perchè la corrente non possa passare da una spira all'altra è necessario che il filo sia coperto di seta o di altra sostanza coibente. Un tale apparecchio costituisce il *moltiplicatore*, esso *moltiplica* cioè l'azione della corrente sull'ago. Infatti consideriamo una sola spira del conduttore, e supponiamola metà posta sopra e metà sotto l'ago. Applicando alle due metà della spira la regola della direzione dell'ago sotto l'in-

fluenza della corrente, si troverà che le due porzioni tendono l'una e l'altra a far deviare l'ago nel medesimo senso; onde ciascuna spira duplicherebbe l'azione della semplice corrente, supponendo che tutte le spire fossero egualmente disposte per rispetto all'ago. Generalmente per fare queste spire si avviluppa il filo conduttore, rivestito di seta, intorno ad un piccolo telaio di legno, dentro cui è mobile l'ago.

171. **Galvanometro.** — Applicasi il moltiplicatore alla misura delle correnti, e prende perciò il nome di *galvanometro*, o anche *reometro*, che significa misuratore della corrente. Per tal fine l'ago è munito inferiormente di un circolo graduato che serve a misurarne le deviazioni.

Portati i due capi del filo del galvanometro in comunicazione coi poli di una pila, la deviazione, che la corrente di questa produce nell'ago, serve di misura all'intensità della corrente stessa.

Confrontata questa misura con quella somministrata dal voltametro (art. 165), si trova che, per deviazioni dell'ago galvanometrico non eccedenti 15 a 20 gradi, le due misure sono perfettamente d'accordo, vale a dire che le deviazioni dell'ago sono proporzionali alle quantità di acqua decomposte in tempi eguali dalle correnti che generano quelle deviazioni. Una tale proporzionalità cessa di avere luogo per deviazioni eccedenti un certo limite variabile da un galvanometro ad un altro.

172. **Ago astatico.** — L'ago del galvanometro è in generale sollecitato da due forze: una è la corrente elettrica, l'altra l'azione magnetica del globo. Quest'ultima è sempre a detrimento della sensibilità del galvanometro onde suolsi eliminarla con un semplice artifizio ideato da Nobili, rendendo l'*ago astatico*. Componesi l'ago astatico di due aghi paralleli coi poli omologhi diretti in senso opposto, e uniti fissamente l'uno all'altro per mezzo di una paglia o qualunque altro fuscello. Sospendendo questo sistema d'aghi, ottiensi l'equilibrio in qualunque direzione rispetto al meridiano magnetico, purchè i due aghi siano di forza e di forma perfettamente eguali.

Mancando questa condizione, rimarrà pur sempre sull'ago una piccola azione direttrice per parte del magnetismo terrestre. Conviene disporre nel galvanometro i due aghi in modo, che uno sia dentro le spire della corrente e l'altro fuori, come si vede nella figura 73. L'azione della corrente sull'ago esteriore concorre ad accrescere la sensibilità dello strumento. Lo stesso ago esteriore serve di indice, che segna i gradi di deviazione sopra un apposito circolo graduato. Lo strumento va disposto in modo, che l'ago, quando non c'è corrente, stia equilibrato sullo zero della graduazione, e sia parallelo alle spire del moltiplicatore.

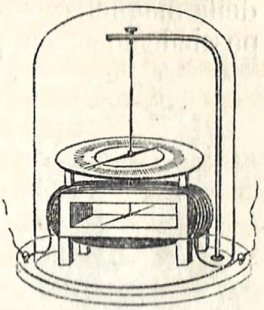


Figura 73

173. **Magnetizzazione colla corrente elettrica.** — Arago ebbe il pensiero d'immergere un filo percorso dalla corrente elettrica nella limatura di ferro, e trovò che questa rimaneva aderente al filo come ad una calamita. Variando la sperienza si pervenne a scoprire il modo di magnetizzare il ferro colla corrente elettrica. Si avviluppi a più spire intorno ad una sbarra di ferro dolce un filo metallico rivestito di seta. All'istante in cui si fa passare pel filo la corrente elettrica il ferro diventa fortemente magnetizzato, e i suoi poli magnetici trovansi disposti allo stesso modo in cui si troverebbero i poli di un ago mobile sotto l'influenza della corrente, e situato al posto della sbarra di ferro. Cessata la corrente cessa il magnetismo della sbarra. Dicesi perciò il ferro dolce, così magnetizzato, una *calamita temporaria* od anche un'*elettro-magnete.*

Sostituendo al ferro dolce il ferro temprato o l'acciaio, non si sviluppa il magnetismo così energicamente come nel ferro dolce, ma il magnetismo sviluppato continua anche dopo l'azione della corrente.

Se nel filo ad elice avviluppato sul ferro o sull'acciaio si fa passare la scarica di una bottiglia, o batteria di Leida, succede pure la magnetizzazione, cosicchè il ma-

guetismo si può ottenere tanto coll'elettricità statica, come colla dinamica, e sempre nel ferro purissimo e dolce il magnetismo sviluppato è temporario per mancanza di forza coercitiva.

I fisici hanno fatto molti studi per determinare le leggi della magnetizzazione per induzione elettrica; ma non si possiede ancora a questo riguardo una teoria completa.

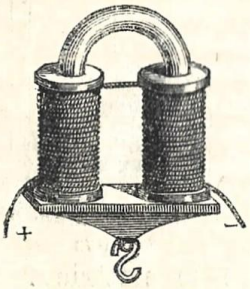


Figura 74

Varia il magnetismo così generato col variare della forma, della grossezza e della lunghezza del corpo magnetico, che si sottopone all'influenza della elettricità; varia pure col variare della corrente, del conduttore, del numero delle spire di questo e della loro disposizione. Generalmente si suole dare alle elettro-magneti la forma di ferro da cavallo. La figura 74 rappresenta un'elettro-magnete colla sua armatura.

Sul principio del magnetismo temporario del ferro dolce sono fondati molti apparecchi e molte applicazioni dell'elettricità. L'energia, che si può dare al magnetismo temporario, non ha limiti noti. Si fanno elettro-magneti capaci di portare più migliaia di chilogrammi.

174. **Correnti generate per l'azione delle calamite.** — Come la corrente elettrica genera il magnetismo, così sospettavano i fisici, che si potesse col magnetismo generare la corrente elettrica. Faraday ha messo il primo fuori di dubbio questa verità colla seguente sperienza. Abbiasi una magnete temporaria, ossia una sbarra di ferro dolce attorniata da molte spire di filo metallico rivestito di seta. Pongansi i capi di questo filo in comunicazione col galvanometro in modo che si compia il circuito. Accostando rapidamente alla magnete temporaria i poli di una forte calamita, durante l'avvicinamento si manifesta nel filo della magnete temporaria una corrente elettrica. Allontanando poscia la calamita, il filo è percorso da una corrente opposta alla prima.

Queste correnti durano solo quanto l'atto dell'avvicinamento e dell'allontanamento della calamita.

La corrente d'induzione magnetica si ottiene pure accostando un polo di una calamita ad un filo conduttore piegato ad elice; ma se nell'elice si trova un pezzo di ferro dolce, in modo da farne una calamita temporaria la corrente diviene più energica.

175. **Macchina magneto-elettrica.** — Chiamasi *macchina magneto-elettrica* ogni apparecchio destinato a generare le correnti elettriche col mezzo delle calamite. Dopo la scoperta della induzione magneto-elettrica di Faraday, Nobili e Antinori idearono le prime macchine di questo genere. Pixii costrusse in seguito la sua, che fu poi perfezionata da Clarke. La figura 75 serve a dare un'idea della macchina di quest'ultimo. A rappresenta una forte calamita o fascio magnetico; C è un'elettro-magnete, che si fa girare sul suo asse *i* col mezzo di una manovella applicata ad una ruota B, su cui passa una correggia senza fine trasmettente il moto all'asse dell'elettro-magnete. Girando questa, i suoi poli passano in grande vicinanza dei poli del fascio A, e ad ogni giro succedono per gli avvicinamenti e gli allontanamenti de' poli quattro correnti alternative e quasi istantanee nel filo dell'elettro-magnete quando il circuito è completo. I capi del filo stesso vanno a terminare uno coll'asse su cui gira l'elettro-magnete, l'altro con un anello o ghiera *i* portata dall'asse ed isolata da questo con sostanze coibenti. L'asse e la ghiera costituiscono i poli di questa specie di pila. Si può munire la macchina di un commutatore così disposto, che tutte le correnti dirette in un senso vengano annullate o con-

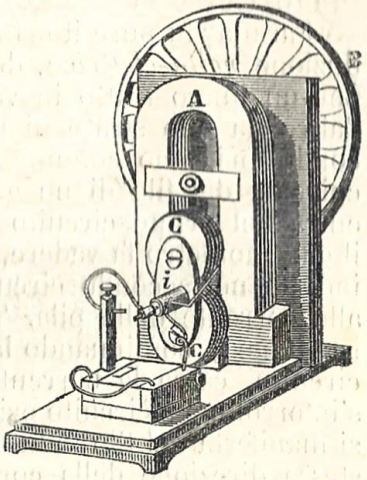


Figura 75

dotte altrove, e passino nel filo della magnete temporaria solamente quelle, che sono dirette in senso contrario alle precedenti. Facendo girare rapidamente la macchina ottengonsi in tal modo nel filo tante correnti succedentisi rapidissimamente e producenti quasi una corrente continua, colla quale si possono ottenere, oltre alla scintilla, tutti gli effetti di una corrente fisici, chimici e fisiologici altrove descritti.

176. **Correnti generate per l'azione di altre correnti.** — Faraday fu pure il primo ad ottenere le correnti d'induzione *volta-elettrica*, dette anche *extra-correnti*. Posti per un lungo tratto in vicinanza, ma separati l'un dall'altro da uno strato di materia coibente, due circuiti conduttori, uno comunicante coi poli della pila, l'altro coi capi del filo di un galvanometro, all'istante in cui entra nel primo circuito la corrente diretta della pila, il galvanometro fa vedere, che si manifesta una corrente indutta nel secondo circuito, diretta in senso contrario alla corrente della pila. Tale corrente indutta è quasi istantanea; continuando la corrente principale nel primo circuito, cessa la corrente indutta. Ma all'istante in cui s'interrompe il circuito principale comunicante colla pila, si manifesta nel filo indutto una corrente istantanea nella stessa direzione della corrente della pila. Simili correnti indutte hanno luogo ad ogni volta che s'interrompe o si ristabilisce il circuito comunicante colla pila, e si possono ottenere con esse i fenomeni, che si ottengono colle correnti ordinarie.

Senza interrompere il circuito, di cui la pila fa parte, si generano pure le correnti d'induzione avvicinando ed allontanando questo circuito stesso al circuito indutto. Le correnti, che in tale modo si ottengono, durano solo quanto l'avvicinamento e l'allontanamento. La corrente indutta durante l'avvicinamento ha direzione contraria alla corrente inducente; l'altra ha direzione eguale all'inducente.

177. **Rocchetto di Ruhmkorff.** — Ruhmkorff costrusse un apparecchio, che porta il suo nome, e col quale si ottengono, dalle correnti d'induzione voltaica

generate da un solo o due elementi di Bunsen, effetti veramente maravigliosi. Consiste l'apparecchio di Ruhmkorff in un lungo cilindro di ferro dolce, su cui si avviluppano due lunghissimi fili di rame a spire parallele, rivestiti di seta, e separati inoltre da uno strato di vernice isolante, uno di grosso, l'altro di piccolissimo diametro. Il filo sottile riceve la corrente indutta e le sue estremità costituiscono i poli dell'apparecchio. Messi i capi del grosso filo in comunicazione coi poli della pila, nasce la corrente nel filo indutto. Ma il magnetismo, che si genera nel cilindro di ferro dolce per la presenza della corrente, produce l'attrazione di un'armatura, il cui movimento fa tosto interrompere la corrente pro-

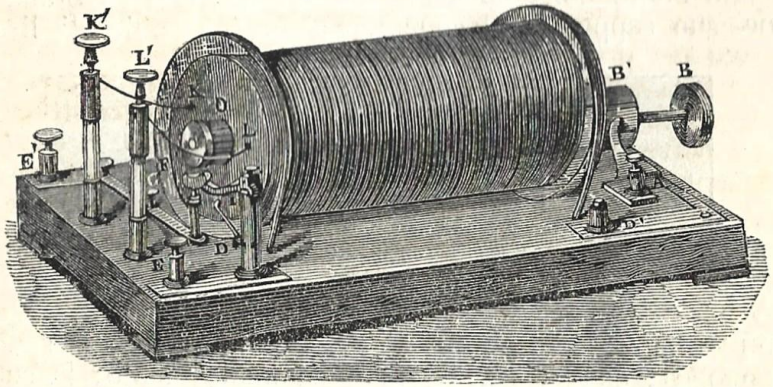


Figura 76

veniente dalla pila; ed all'istante di questa interruzione nasce nel filo sottile una seconda corrente indutta contraria alla prima. Ora per l'interruzione della corrente della pila, cessa l'azione dell'elettro-magnete; l'armatura di ferro ricade pel proprio peso o tratta da una molla; si completa in tal maniera di nuovo il circuito, rientra la corrente voltaica nel filo inducente, e si ripetono i movimenti e gli effetti del primo periodo indefinitamente.

La figura 76 rappresenta il rocchetto di Ruhmkorff; A ed A' sono i bottoni, a cui si attaccano i reofori della pila; B il bottone con cui si fa girare il commutatore B', il quale serve a completare o ad interrompere a

beneplacito il circuito della pila col filo induttore, ed a farvi passare la corrente in quella direzione, che più ci piace; O il cilindro, o meglio il fascio di fili di ferro dolce, che forma l'anima del rocchetto; C la sua armatura; KK′ ed LL′ i capi del filo indutto, cosicchè K′, L′ sono i poli della macchina; EE′ i bottoni metallici, che comunicano colle armature di un esteso condensatore, che sta nella base della macchina, e che serve a rinforzarne gli effetti. Vedesi in F il martello, che sollevato dall'armatnra C, quand'è magnetizzata, interrompe la corrente induttrice. G è una vite per cui si può dare al martello F la posizione conveniente rispetto all'armatura C.

Gli effetti della macchina di Ruhmkorff (dice Dumas nel suo rapporto sul concorso al gran premio di lire

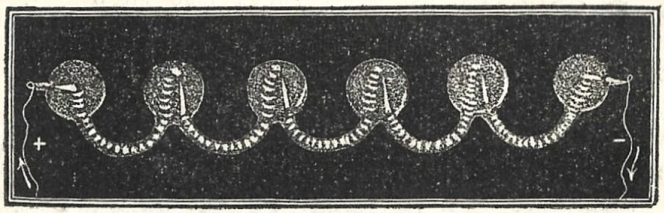


Figura 77

50000 vinto da Ruhmkorff col suo apparecchio) sono popolari; ella si carica quasi istantaneamente; la sua scintilla infiamma i combustibili, fonde i metalli e le terre più refrattarie; riproduce tutti gli effetti del fulmine, e traversa, forandole, delle masse di vetro di dieci centimetri di grossezza.

Curiosi poi oltremodo sono ed istruttivi i fenomeni luminosi, che presenta la sua scarica ne' gas grandemente rarefatti nell'uovo elettrico e ne' tubi detti di Geissler dal nome dell'abile soffiatore di vetro, che primo li costrusse a Bonn. Si dànno a questi tubi forme svariatissime; essi contengono gas differenti a tensione piccolissima. Alle loro estremità sono saldati due fili o laminette di alluminio, che vi penetrano dentro per un piccolo tratto, e che si fanno comunicare esteriormente

coi poli K′, L′ della macchina di Ruhmkorff. La figura 77 rappresenta uno di questi tubi con entro la luce stratificata dovuta alla successione delle scariche della corrente d'induzione.

178. **Pila termo-elettrica.** — Non solo colle pile ordinarie, ma ancora in molti altri modi si può eccitare la corrente elettrica in un circuito. Uno squilibrio di calore, per esempio, può generare una corrente. Basta, per ciò ottenere, saldare insieme capo a capo due spranghette di metalli differenti, e unire i capi liberi di queste alle estremità del filo d'un galvanometro. Riscaldando la saldatura vedesi l'ago deviare, indicando la presenza di una corrente. I metalli più adatti a questa sperienza sono il bismuto e l'antimonio. Si fanno con questi delle pile *termo-elettriche* tanto sensibili, che in esse, una minima dose di calore, sia raggiante, sia condotto, può trasformarsi in corrente elettrica.

179. **Termo-moltiplicatore di Nobili e Melloni.** — Il termo-moltiplicatore consiste in una pila termo-elettrica unita ad un galvanometro. L'intensità della corrente della pila, misurata col galvanometro, serve di misura all'intensità del calore sia condotto, sia raggiante, il quale genera tale corrente.

Nobili ebbe il primo l'idea di quest'applicazione, ma Melloni osservando, che la pila di Nobili era meno atta a far conoscere le differenze del calore irraggiato verso le facce opposte, a cagione dello strato di mastice, che copriva una faccia, e serviva tutto al più, mediante una conveniente graduazione, alla misura del calore condotto, ideò la sua nuova pila, che è quella di Nobili perfezionata, e potè col mezzo di questo delicatissimo apparecchio arrivare alla scoperta della termocrosi, nuovo ramo della fisica da lui creato.

180. **Pesci elettrici.** — Vi sono alcuni pesci, come il siluro, il ginnotto e la torpedine, che hanno il potere di dare la scossa elettrica agli animali, che vengono con loro in contatto, od in vicinanza. Il ginnotto, per esempio, con alcune scariche può uccidere un cavallo.

La torpedine trovasi frequentemente nei nostri mari, ed è dei pesci elettrici il più studiato. La scossa, ch'ella dà, è veramente elettrica, poichè possiamo ripararcene tenendola con corpi isolatori. Essa può dare un numero grandissimo di scosse in brevissimo tempo; ma questa facoltà scema prontamente coll'esercizio. L'animale ha due centri di energia elettrica, uno sul dosso, l'altro sul ventre; toccando colle dita contemporaneamente questi due centri si riceve la massima scossa. Si riceve pure la scossa toccando due punti del dosso, o due del ventre, ma l'effetto è tanto più debole in questo caso, quanto più i punti toccati sono vicini fra loro, e lontani dal centro di energia. Queste proprietà si studiano comodamente adoperando, quali elettroscopi, le rane preparate al modo ordinario, od anche un solo lembo di muscolo col nervo unito. Ponendo la torpedine fra due armature metalliche, una sul ventre, l'altra sul dosso, e facendo comunicare queste coi capi del galvanometro, ad ogni scossa dell'animale l'ago devia indicando un flusso elettrico diretto dal ventre al dosso. Sostituendo al galvanometro un'elica, con entro un pezzo d'acciaio la scarica ne determina la magnetizzazione. Si ottenne pure in questo modo la scintilla, e gli altri effetti della scarica elettrica.

La torpedine possiede un organo speciale elettrico, che consta di due parti, ciascuna delle quali è composta di un grandissimo numero di colonnette verticali membranose, o per meglio dire, tubi immensamente sottili, internamente divisi da sottilissime membrane separate da un umore particolare e vicinissime le une alle altre. Quest'organo ha tutta l'apparenza di una pila a colonna a coppie quanto più piccole, tanto più numerose. Il cervello, formato di quattro lobi, ha stretta relazione coll'organo elettrico. Tre però dei suoi lobi si possono togliere all'animale, senza che esso perda la facoltà elettrica; il quarto no.

Il ginnoto ed il siluro hanno pure un organo elettrico particolare, ma i poli elettrici sono nella testa e nella

coda dell'animale. Nel corpo del ginnoto il flusso elettrico è diretto dalla coda alla testa.

A proposito del ginnoto non voglio privare i miei lettori della bella descrizione, che fa Di Humboldt, di una pesca di questo animale acquatico. « Noi partimmo il 9 marzo, dice il grande fisico, di buon mattino, alla volta del villaggio di Rastro de Abaxo. Di là gli Indiani ci condussero ad un ruscello, il quale nella stagione delle siccità lascia un bacino d'acqua limacciosa circondato da belle piante di clusia, di amiri e di mimose con odoriferi fiori. La pesca del ginnoto coll'amo è molto difficile, a cagione della grandissima agilità, con cui questi pesci, a guisa di serpenti, si affondano nella melma. Non si volle far uso del *barbasco*, cioè delle radici della *piscidia erithryna*, della *jacquinia armillais* e di alcune altre specie di *phyllantus*, le quali gettate in una palude inebbriano od intormentiscono gli animali. Un mezzo di questa fatta avrebbe indebolito i ginnoti. Gl'Indiani ci dicevano, che volevano fare la *pesca coi cavalli*. Noi non sapevamo farci un'idea di questa pesca straordinaria; ma non tardammo a vedere le nostre guide ritornare da una caccia di cavalli e muli selvatici, cui, in numero forse di trenta, spinsero con violenza nella palude. La straordinaria agitazione generata dallo scalpitare dei cavalli fa uscire i pesci dalla melma e li provoca al combattimento. Queste anguille giallastre e livide, simili a grandi serpenti acquatici, nuotano alla superficie dell'acqua e si stringono al ventre de' cavalli e de' muli. Una lotta tra animali di così differente organizzazione offre un ben pittoresco spettacolo. Gl'indiani muniti di ramponi e di lunghe e sottili canne, si serrano intorno alla palude; alcuni salgono sulle piante, i cui rami stendonsi orizzontalmente sull'acqua; colle loro selvatiche grida e coi lunghi giunchi sbarrano la via ai cavalli, che cercano di gettarsi sulla riva del bacino. Le anguille, sbalordite dal rumore, si difendono con replicate scariche delle loro batterie elettriche. Da principio sembra, che la vittoria stia dal loro canto. Più cavalli soccombono alla violenza dei colpi invisibili, che ricevono nelle

parti più delicate del corpo. Intormentiti dalla forza e dalla violenza delle commozioni, alcuni scompaiono sotto acqua; altri ansanti, irta la criniera e gli occhi pieni di terrore e di angoscia, si rialzano e cercano di sfuggire alla tempesta che li sorprende. Eglino son ricacciati dagli Indiani in mezzo all'acqua. Ciò non di meno alcuni, in piccol numero, riescono a deludere la vigilanza de' pescatori; raggiungono la riva, inciampano ad ogni passo, si stendono sulla sabbia nell'eccesso della fatica e colle membra intormentite dalle commozioni elettriche de' ginnoti. In meno di cinque minuti due cavalli erano annegati. L'anguilla, lunga poco meno di due metri, stringendosi contro il ventre dei cavalli fa una scarica di tutta la lunghezza del suo organo elettrico; ella colpisce insieme il cuore, le viscere ed il *plexus coeliacus* de nervi addominali. A questo modo l'effetto, che provano i cavalli, è di molto superiore a quello, che lo stesso pesce produce sull'uomo, allorchè non lo tocca fuori che per una della sue estremità. Probabilmente i cavalli non restano uccisi, ma semplicemente storditi. Nella impossibilità di rialzarsi in mezzo alla lotta prolungata tra gli altri cavalli ed i ginnoti, essi annegano. Noi tenevamo per certo, che la pesca si sarebbe terminata colla morte successiva di tutti gli animali impiegati. Ma poco a poco l'impeto di questo ineguale combattimento va scemando; i ginnoti stanchi si disperdono; essi abbisognano di un lungo riposo e di un abbondante nutrimento per ristorare la perduta forza galvanica. I muli ed i cavalli cominciano a mostrarsi meno spaventati; non drizzano più il crine; i loro occhi divengono più tranquilli. I ginnoti s'appressano timidamente al margine della palude, ove vengono facilmente presi con piccoli ramponi attaccati a lunghe corde. Allorchè le corde sono ben secche gl'Indiani, sollevando nell'aria il pesce, non ne ricevono commozione di sorta. In pochi minuti noi possedevamo cinque grandi anguille, la maggior parte delle quali non avevano che deboli ferite. Altre furono prese verso la sera col medesimo mezzo. »

181. **Applicazioni dell'elettricità.** — Innumerevoli sono le utili applicazioni, che si fanno dell'elettricità. Chi vuol farsene un'idea un po' adequata può leggere il terzo volume del *Traité d'Électricité* di A. De la Rive. Qui non farò che accennarne alcuna. Nelle differenti applicazioni si tira partito sia della forza motrice dell'elettro-magnetismo, sia delle proprietà fisiche, sia delle proprietà chimiche delle correnti, sia ancora degli effetti fisiologici. Le principali applicazioni si riducono dunque:

1° Alle macchine motrici, la cui destinazione può variare all'infinito, e nelle quali si adopera specialmente la forza del magnetismo temporario;

2° Alla produzione di luce e di calore;

3° Alle combinazioni e decomposizioni chimiche, e specialmente alla galvanoplastica;

4° Alle applicazioni fisiologiche o terapeutiche.

182. **Motore elettrico.** — I professori Botto, Jacobi e Dal Negro furono i primi ad ideare macchine motrici elettriche differenti. Froment costrusse alcune di queste macchine della forza di un cavallo, che agiscono in modo continuo con pochi elementi della pila di Bunsen. Le medesime si potrebbero anche sostituire alle macchine a vapore per qualunque specie di effetto; ma il prezzo attuale della corrente elettrica ne impedisce l'applicazione. Ecco tra i tanti modi uno, con cui si possono ottenere effetti considerevoli.

Immaginiamo una ruota a lanterna, girevole sul suo asse, e fatta con due solidi dischi di materia qualunque, eguali e paralleli, formanti come le basi d'un cilindro retto, uniti fissamente tra di loro con un certo numero di sbarre di ferro dolce eguali, parallele ed equidistanti, costituenti altrettanti lati del cilindro nominato. Tutto intorno alla ruota, lungo ciascuna sbarra di ferro, sta un certo numero di elettro-magneti tenute da sostegni fissi e così ordinate che, girando la ruota, ognuna di esse attiri la sbarra di ferro che le va avvicinandosi, e la abbandoni a sè appena la medesima arriva di fronte all'elettro-magnete. Per ottenere questo risultato si munisce la ruota di un congegno, che ad ogni determinata frazione di

giro tolga e metta la corrente ne'fili delle elettro-magneti. Se queste sono convenientemente distribuite intorno alla ruota, vi sarà sempre una parte di esse, che agirà sulle sbarre di ferro, e la ruota sarà sollecitata al moto da una forza quasi costante. Il movimento rotatorio poi della ruota può trasformarsi in qualunque altra specie di movimento.

183. **Calore elettrico.** — L'elettricità è una sorgente potentissima di calore. Molti fisici, e nominatamente Despretz, se ne servirono per fondere i metalli più refrattarii ed altri corpi. La più utile applicazione finora fatta del calore elettrico sembra quella dell'accensione della polvere nelle mine a qualunque distanza, e con effetto sorprendente allorchè trattasi di dare a più mine contigue simultaneamente il fuoco.

184. **Luce elettrica.** — Per ottenere grandi effetti di luce elettrica è in generale necessario di far uso di forti pile. Un bell'effetto di getti luminosi si ottiene con una pila di pochi elementi facendo comunicare uno dei due reofori con un oggetto di acciaio, per esempio una lima, mentre si fa scorrere l'altro reoforo sull'oggetto stesso. Un altro effetto luminoso assai bello si ottiene facendo comunicare i reofori di una fortissima pila con un filo di ferro o di platino, che non sia troppo sottile, perchè altrimenti si fonderebbe. Il filo si rende incandescente e conserva questa luce finchè la corrente vi passa. Ma la più bella luce elettrica è quella, che si ottiene colla sperienza di Davy da coni di carbone (art. 163).

Grande partito si tira di questa luce, vuoi per i pubblici spettacoli, vuoi per illuminare le miniere, i porti di mare e tutti i grandi stabilimenti, ove occorra di lavorare nell'assenza della luce diurna. Il prezzo di questa luce, la sua concentrazione in un piccolo arco e la difficoltà di mantenerla costante per molte ore ne hanno finora impedito l'applicazione all'illuminazione ordinaria. Chi desidera conoscere le difficoltà, che rimangono tuttavia a superare per una più estesa applicazione della luce elettrica può leggere la bellissima relazione del Padre Secchi intorno alle molteplici sperienze dal medesimo istituite in proposito.

Davy otteneva l'arco voltaico col carbone di legno ben cotto ed imbevuto di mercurio; ma è assai preferibile il carbone coke tagliato in sottili verghe ed ora universalmente adottato. Il carbone, che forma il polo positivo, si consuma prontamente, e le sue particelle si portano verso il carbone opposto. Probabilmente la luce elettrica è dovuta all'ignizione di queste particelle. Ma consumando il carbone positivo, cresce la distanza dei due carboni, e si spegne la luce quando la corrente cessa di potersi slanciare da un carbone all'altro. L'attenzione dei fisici si portò sul modo di rimediare a questo inconveniente, e si idearono diversi congegni quali più, quali meno complicati, per mantenere costante o quasi costante la distanza de' carboni. Assai ingegnosi sono quelli di Deleuil, di Foucault, di Duboscq, di Serrin e di molti altri fisici e meccanici; ma sopra tutti per semplicità distinguesi quello del Padre Cavalleri, il quale congegno è di gran lunga meno soggetto a guasti, e dà, per la massima parte delle applicazioni, una luce abbastanza fissa.

In esso le due verghe di carbone sono sopra una medesima verticale, la positiva sopra e la negativa sotto. La positiva può scorrere lungo un'asta verticale, e cadrebbe fino a contatto della negativa, se non fosse tenuta contro l'asta colla pressione esercitata dall'armatura di un'elettro-magnete. Nel filo dell'elettro-magnete passa la corrente stessa, che genera la luce. Finchè la corrente è abbastanza forte, l'azione del magnetismo è sufficiente a mantener fermo contro l'asta il carbone positivo; ma divenendo maggiore la distanza de' carboni, minori divengono l'energia della corrente e l'azione dell'elettro-magnete; onde questa abbandona momentaneamente il carbone positivo, il quale si riavvicina pel proprio peso al negativo senza venirvi in contatto, poichè per l'avvicinamento cresce l'energia della corrente, e l'elettro-magnete riacquista l'energia sufficiente per arrestare il carbone discendente.

Il signor Le Roux dopo di aver provato, che l'arco voltaico interrotto per un tempo abbastanza corto gode

della proprietà di ristabilirsi spontaneamente senza riportare a contatto i carboni, riuscì a distribuire a due centri la luce elettrica generata da una sola pila, lanciando con una ruota distributiva la corrente a brevissimi intervalli su due regolatori della luce elettrica. Per ben riuscire in questo intento richiedonsi carboni più sottili e più puri degli ordinari.

Si costrussero in questi ultimi anni macchine magneto-elettriche gigantesche, come quella di Nollet usufruttata della compagnia detta *L'Alliance,* per ottenere con forza meccanica la luce elettrica, e si riuscì a stabilire dei fari elettrici, e ad applicare con grandissimo vantaggio questa luce ai bastimenti.

185. **Elettro-doratura.** — Senza parlare delle molteplici decomposizioni, che ottengono i chimici colla corrente, e della preparazione di varii corpi semplici e di tante altre utili applicazioni chimiche, mi limiterò ad accennarne più specialmente due soltanto. La prima consiste nell'arte di far deporre sopra un oggetto qualunque e aderirvi uno strato metallico, come di oro, di argento, di rame e simili. Essa designasi per lo più col nome di elettro-doratura. La seconda consiste nel far deporre sull'oggetto uno strato metallico più grosso del precedente senza forte adesione, in modo che staccandolo nasca un modello dell'oggetto, il qual modello sarà in incavo se l'oggetto è in rilievo, e viceversa. Operando poscia col modello, come prima coll'oggetto, si otterranno di questo tante copie, quante si desiderano. Questa seconda applicazione dicesi *galvanoplastica.*

I primi risultati di elettro-doratura furono ottenuti da Brugnatelli nel 1804. Per mezzo della pila voltaica egli otteneva l'indoratura dell'argento adoperando l'ammoniuro d'oro. La poca pubblicità data alla scoperta del Brugnatelli la fece tosto dimenticare, e fu De la Rive, che richiamò quest'arte a vita con un primo lavoro nel 1828, e con un altro più esteso verso il 1840.

Immersi i reofori di una pila ordinaria in una soluzione d'oro, d'argento, di rame, ecc., si osserva, che

il metallo della soluzione si porta sul reoforo negativo e vi aderisce più o meno secondo le circostanze.

Talvolta esso si depone sotto forma di polvere nera e finissima; altre volte apparisce come polvere metallica splendente; più spesso forma sul reoforo negativo uno strato metallico duro e fragile o anche tenero e malleabile. Queste varietà dipendono dalla intensità della corrente. Se questa è proporzionata all'operazione e non troppo forte, è sempre possibile coprire il reoforo negativo di uno strato metallico sottile, tenace e malleabile, che prende fedelissimamente la forma del reoforo. Vogliasi ora coprire di rame un oggetto qualunque, per esempio una statua di gesso. Basta unire la statua al reoforo negativo, ed immergerla in una soluzione di rame. È però necessario, che l'oggetto sia buon conduttore; ove nol fosse, basta coprirlo di un sottil velo di sostanza conduttrice. Ma a misura che il rame della soluzione si precipita sull'oggetto, la soluzione diventa meno ricca di metallo, e l'operazione cessa di essere regolare. Si ovvia a questo inconveniente usando per reoforo positivo una lastra di rame, la quale si scioglie poco per volta e restituisce alla soluzione il metallo perduto.

Non vi ha oggetto, che non si possa in tale modo coprire di rame, o anche inargentare, indorare, ecc. In questi ultimi casi è necessario far uso di soluzioni di oro, d'argento, ecc.

L'elettro-doratura ricevette i maggiori perfezionamenti dai lavori di Elkington e di Ruolz.

186. **Galvanoplastica.** — Spencer e Jacobi scoprirono contemporaneamente la galvanoplastica, la quale non differisce dall' elettro-doratura, se non nell' arte di far precipitare sugli oggetti o sui loro modelli un maggiore strato metallico e d'impedire la troppo forte adesione di questo con quelli. Vogliasi copiare, ad esempio, una medaglia. Dopo di avere ben pulita la faccia, che si vuol copiare, si depone su di essa con un pennello un sottilissimo strato di piombaggine ridotta in polvere impalpabile, e si copre l'altra faccia con uno

strato di cera. Messa poscia la medaglia in una soluzione concentrata di solfato di rame, e fattala comunicare col reoforo negativo, s'immerge nella soluzione l'altro reoforo. Allora comincia la deposizione del rame sulla piombaggine, e in due o tre giorni se ne forma uno strato, che staccato, presenta in incavo tutti i benchè minimi rilievi della medaglia. Adoperando ora il pezzo ottenuto come modello, e ripetendo l'operazione medesima, si otterrà in rame una copia di quella faccia della medaglia.

Lungo troppo sarebbe descrivere qui tutti i particolari di queste curiose ed utili arti, sui quali chi desidera maggiori spiegazioni deve ricorrere a trattati speciali.

187. **Applicazioni fisiologiche.** — Gli effetti, che la elettricità produce sugli esseri organizzati, sono stati in molte circostanze usufruttati nella cura di varie malattie. Sembra che questo genere di applicazioni siasi trovato giovevole in molti casi, e specialmente nelle paralisi.

188. **Telegrafi elettrici.** — Da più di un secolo e fin dalla scoperta della bottiglia di Leida si cercò di applicare l'elettricità alla telegrafia. Vari saggi si produssero di telegrafi elettrici da gabinetto prima della scoperta della pila di Volta. Uno dei primi ad applicare la pila alla telegrafia fu Sömmering nel 1811. Il telegrafo di Sömmering fondato sulla scomposizione dell'acqua, prodotta dalla corrente, non venne applicato in grande. Dopo la scoperta di Oersted dell'azione della corrente elettrica sull'ago magnetico, la costruzione di un telegrafo applicabile in grande non presentava più nessuna difficoltà veramente seria. Molti fisici conobbero la possibilità di tale applicazione, molti quasi contemporaneamente e indipendentemente gli uni dagli altri la fecero, cosicchè non si saprebbe neanco dire chi sia il primo autore di una così recente e portentosa scoperta. La costruzione di telegrafi elettrici tra città e città è posteriore al 1830. I primi costruttori furono Wheatstone in Inghilterra, Morse in America, Steinhel in Baviera, Jacobi in Russia.

I telegrafi elettrici possono variare all'infinito; qui descriveremo solo alcuni dei principali, che ridurremo ai telegrafi: 1° *ad ago;* 2° *a quadrante* o *a stampa;* 3° *elettrochimici.* Dobbiamo però cominciare a dire qualche cosa dello stabilimento del circuito.

189. **Circuito.** — Trattisi, per esempio, di stabilire un telegrafo tra Torino e Genova. È necessario che la corrente della pila, collocata nell'una o nell'altra delle due stazioni, Genova e Torino, possa circolare da una città all'altra. Quindi converrà distendere tra le due città due fili conduttori isolati, uniti fra di loro ad una estremità e comunicanti all'altra coi poli della pila. Invece di due fili basta un solo, perchè si è trovato, che dell'altro può far le veci la terra, che è un buon conduttore. Il solo filo adunque, che supporremo disteso ed isolato fra Torino e Genova, è unito in una delle due stazioni ad un polo della pila, e la sua estremità opposta si fa comunicare nell'altra stazione con una grande lastra di rame immersa in un pozzo od in un terreno umido; il secondo polo della pila comunica con un'altra lastra di rame sotterrata nella stazione della pila. Così stando le cose, vi sarà nel filo la corrente elettrica, e si leverà ad ogni volta, che distrurremo la continuità del filo. Il filo conduttore tendesi ordinariamente sopra pali, ai quali si attacca col mezzo di sostegni isolanti di porcellana così fatti, che l'isolamento continui a sussistere anche in tempo di pioggia. In molti luoghi il filo si dispone anche sotterra avviluppato di un considerevole strato di gutta-perca. I fili tesi su pali sono per lo più di ferro zincato, o, come dicono, galvanizzato, del diametro di tre a quattro millimetri; i sotterranei sono di rame, del diametro di un millimetro circa. Nel passaggio dei fiumi, di laghi o di mari il conduttore immerso sott'acqua si compone di più fili di rame riuniti in un solo fascio, separati però ed avviluppati tutto intorno da uno strato più o meno grosso di gutta-perca. Per maggiore solidità la corda risultante si riveste di uno strato di canapa incatramata e si avviluppa con grossi fili di ferro zincato.

190. **Telegrafo ad ago.** — Immaginiamo ora che la corrente, passando nelle due stazioni, sia obbligata di percorrere in ciascuna di esse il filo di un moltiplicatore, il cui ago nella posizione di riposo sia disposto verticalmente, e possa moversi in un piano verticale. Entrando la corrente nel moltiplicatore, se le spire di questo sono pure in un piano verticale, l'ago devierà a destra o a sinistra, secondo la direzione della corrente. Ora è facile, stando in una stazione, interrompere la corrente, o introdurla nel circuito in quella direzione che si desidera. Quindi il telegrafante di Torino può far deviare, quando vuole, l'ago della stazione di Genova a destra od a sinistra a suo beneplacito. La stessa cosa può fare il telegrafante di Genova sull'ago della stazione di Torino. Combinando adunque le deviazioni dell'ago in modo, che le medesime rappresentino le lettere dell'alfabeto e gli altri segnali, che occorrono nella telegrafia, si vede la possibilità di trasmettere qualunque dispaccio.

191. **Telegrafo a quadrante.** — Il telegrafo a quadrante è fondato sulla magnetizzazione temporaria del ferro dolce. Immaginiamo nella stazione di Genova una calamita temporaria, nel filo della quale passi la corrente telegrafica. È naturale, che la calamita temporaria sarà magnetizzata ogni volta, che vi passerà la corrente, e cesserà il suo magnetismo al cessar della corrente. Dunque il telegrafante di Torino potrà magnetizzare e smagnetizzare quando vuole la calamita temporaria di Genova. Ora questa calamita è munita di un'armatura di ferro, che viene attratta ogni volta che la calamita è magnetizzata, e tirata in dietro da una molla quando cessa il magnetismo della calamita. Può in conseguenza il telegrafante di Torino far oscillare a beneplacito l'armatura della calamita nella stazione di Genova. Ora quest'armatura ad ogni oscillazione fa passare un dente di una ruota dentata, il cui asse porta un indice che scorre sopra un circolo, sulla circonferenza del quale sono scritte le lettere dell'alfabeto od altrettanti segnali, quanti sono i denti della ruota. Tale è l'apparecchio

detto *ricevitore*. Il telegrafante di Torino introducendo la corrente nel circuito, ed interrompendola un numero conveniente di volte, può far muovere l'indice e farlo fermare sulla lettera o sul segnale, che desidera di trasmettere. Per ciò ottenere non ha bisogno di contare il numero delle volte che interrompe o ristabilisce la corrente. Egli fa uso dell'apparecchio detto *trasmettitore*, consistente in un disco, sulla circonferenza del quale sono notati gli stessi segnali, che sulla circonferenza dell'apparecchio ricevitore. Un manubrio girevole sull'asse del disco può portarsi sulla lettera o sul segnale che si vuole del disco stesso. Ma facendo girare il manubrio, mediante un apposito semplicissimo congegno si fa interrompere e ristabilire, ad ogni giro compiuto di esso, tante volte la corrente quanti sono i denti della ruota dell'apparecchio ricevitore. Facendo adunque in modo, che il manubrio del trasmettitore corrisponda da principio allo stesso segnale che l'indice del ricevitore, questa corrispondenza continuerà ad aver luogo anche quando si faccia girare il manubrio. Pertanto il telegrafante per ispedire un dispaccio non ha che da far girare con celerità conveniente il manubrio del trasmettitore sempre nel medesimo senso, facendolo fermare qualche istante su quei segnali, che vuol trasmettere.

192. **Telegrafo a stampa.** — Se la ruota dentata del ricevitore, invece di far movere semplicemente un indice, porta sui suoi denti le lettere dell'alfabeto fatte in rilievo come quelle da stampa, riescirà facile la trasmissione del dispaccio stampato. Girando la ruota, i denti s'intingono continuamente nell'inchiostro, e passano sotto una striscia di carta a piccola distanza. Ogni volta che la ruota si ferma qualche istante per azione volontaria del telegrafante, scatta una molla, che fa cadere un martello sulla carta e la fa venire in contatto col dente, che porta la lettera intinta nell'inchiostro.

193. **Telegrafo elettro-chimico di Bain.** — La corrente elettrica attraversando un foglio di carta inzuppata in una soluzione di prussiato di potassa e leggermente umida, lascia, nel sito del suo passaggio, una traccia

azzurra. Su questo principio è fondato il telegrafo di Bain. Supponiamo la carta, così preparata, distesa sopra una lastra metallica, e scorrevole sotto una punta d'acciaio, in modo che la corrente telegrafica sia obbligata a passare per la punta d'acciaio, a traverso la carta, nella lastra metallica. È chiaro, che la punta lascierà sulla carta una traccia azzurra ogni volta che vi sarà nel circuito la corrente. Quindi interrompendo e ristabilendo convenientemente la corrente, si possono tracciare sulla carta punti e tratti azzurri più o meno lunghi, che si possono combinare come dirò qui appresso de' segnali del telegrafo di Morse. Col telegrafo di Bain si può anche trasmettere a qualunque distanza il *fac-simile* di scritture, disegni e simili. Il pantelegrafo dell'abbate Caselli è fondato su questo principio.

194. **Telegrafo di Morse.** — Il telegrafo americano, o di Morse è fondato sulla magnetizzazione temporaria del ferro dolce. L'azione della calamita temporaria fa sì, che una punta d'acciaio, di lapis o di penna intinta in inchiostro cada sopra una striscia di carta scorrevole e tenuta in movimento sotto la punta col mezzo di un congegno d'orologeria. Se l'azione della calamita dura un solo istante, la punta segna sulla carta un semplice punto; se dura alcuni istanti, segna un tratto più o meno lungo.

La figura 78 rappresenta l'apparecchio ricevitore della macchina telegrafica di Morse nella forma attualmente adoperata nella massima parte delle stazioni telegrafiche d'Italia. B è la calamita temporaria, la cui armatura nel cadere sulla calamita fa sollevare un braccio C. Una lista di carta avviluppata su di un rocchetto A, guidata da alcuni cilindretti, passa sopra questo braccio, e va a raccogliersi sul rocchetto D; essa è mossa con velocità conveniente da un congegno di orologeria, che si monta ad ogni volta colla chiave H. A piccola distanza dalla carta al disopra di C gira un disco o scudetto, la cui circonferenza intingesi continuamente nell'inchiostro che le sta d'accanto. Il braccio C sollevandosi, spinge la carta contro lo scudetto, e secondo che la tiene contr'esso un solo istante, o per un certo tempo, segnasi su di

essa un punto nero od una linea nera. L'apparecchio speditore è rappresentato nella figura 79. Facendo ab-

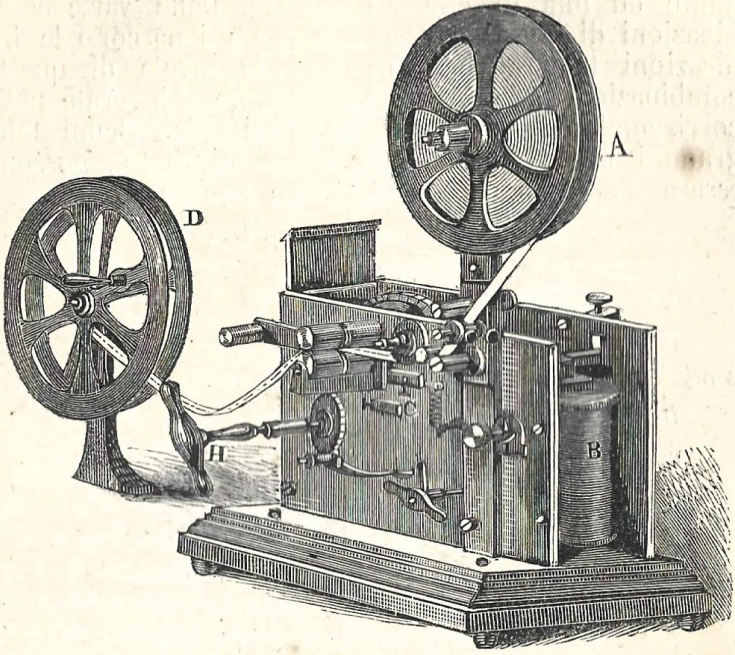


Figura 78

bassare colla mano il bottone di questo apparecchio, si chiude il circuito, e si mette nella linea la corrente,

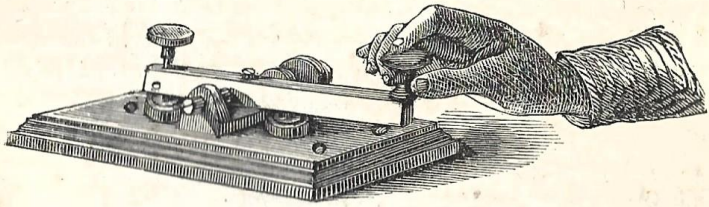


Figura 79

la quale tosto è interrotta appena si lascia risollevare il bottone. Il telegrafante adunque premendo il bottone dell'apparecchio speditore per un solo istante, o te-

nendolo giù per un certo tempo, possiede il mezzo di far segnare sulla carta dell'apparecchio ricevitore un punto od una lineetta ad arbitrio. Dalle varie combinazioni di questi due segnali ripetuti nascono le indicazioni telegrafiche. Ecco qui la tavola di queste combinazioni quali sono attualmente adoperate nella corrispondenza telegrafica internazionale. Alcuni telegrammi però, specialmente quelli di Stato, possono essere spediti in cifre o in lettere segrete.

Segnali dell'apparato Morse.

LETTERE

a	. —	*n*	— .
ä	. — . —	*ñ*	— — . — —
á od å	. — — . —	*o*	— — —
b	— . . .	*ö*	— — — .
c	— . — .	*p*	. — — .
ch	— — — —	*q*	— — . —
d	— . .	*r*	. — .
e	.	*s*	. . .
è	. . — . .	*t*	—
f	. . — .	*u*	. . —
g	— — .	*ü*	. . — —
h	. . . .	*v*	. . . —
i	. .	*w*	. — —
j	. — — —	*x*	— . . —
k	— . —	*y*	— . — —
l	. — . .	*z*	— — . .
m	— —		

CIFRE

1	. — — — —	6	— . . . .
2	. . — — —	7	— — . . .
3	. . . — —	8	— — — . .
4	. . . . —	9	— — — — .
5	. . . . .	0	— — — — —

Linea di frazione.

— — — — — —

Si possono anche esprimere le cifre coi seguenti segnali, ma solo nelle ripetizioni d'ufficio.

1	. —	6	— . . . .
2	. . —	7	— . . .
3	. . . —	8	— . .
4	. . . . —	9	— .
5	. . . . .	0	—

SEGNALI D'INTERPUNZIONE ED ALTRI

Punto	(.)	. . . . .
Punto e virgola	(;)	— . — . — .
Virgola	(,)	. — . — . —
Due punti	(:)	— — — . . .
Punto d'interrogazione o domanda di ripetizione di una trasmissione non compresa	(?)	. . — — . .
Punto ammirativo	(!)	— — . . — —
Apostrofo	(')	. — — — — .
A capo *(alinea)*		. — . — . .
Lineetta d'unione	(-)	— . . . . —
Parentesi (prima e dopo le parole)	( )	— . — — . —
Virgolette (*guillemets*)	(«»)	. — . . — .
Sottolineato (prima e dopo la parola od il membro della frase)		. . — — . —
Firmato (separazione del testo dalla firma)		. . . . .

INDICAZIONI DI SERVIZIO

Telegramma di Stato	. . .
Telegramma di servizio	. —
Telegramma privato	. — — .

Chiamata (preliminare di ogni trasmissione)..... — . — . —
Capito .... — .
Errore..... . . . . . .
Fine della trasmissione..... . — . — .
Invito a trasmettere..... — . . . . — .
Aspettate..... . — . . .
Fine del ricevimento..... . — . . — . . — .

Intervallo e lunghezza dei segnali. — 1° Una linea equivale a tre punti. 2° L'intervallo fra i segnali di una stessa lettera equivale ad un punto. 3° Lo spazio fra due lettere è uguale a tre punti. 4° Lo spazio fra due parole è uguale a quattro punti.

195. **Corrente di ricambio, o soccorritore** (*relais*). — Non sempre la corrente sola di una pila è sufficiente a fare l'intiero lavoro della trasmissione di un dispaccio. Per esempio quando la corrente ha una lunga linea da percorrere, la sua intensità si fa così piccola, ch'ella non potrebbe più mettere in moto le macchine telegrafiche. Così avviene, tra gli altri casi, nel telegrafo di Morse anche su di una linea di soli 15 a 20 chilometri. Allora è necessario ricorrere alla corrente di ricambio. La corrente della linea magnetizza un'elettro-magnete con forza sufficiente da fargli attirare una leggiera armatura, la cui caduta fa compiere il circuito di una pila locale. Cessata la corrente della linea, l'armatura è distaccata dall'elettro-magnete per la forza di una molla ad elice, e resta di nuovo interrotto il circuito della pila locale. Ben si comprende come in questo modo la corrente locale e la corrente della linea esistano e si spengano contemporaneamente. La corrente locale è quella che entra negli apparecchi telegrafici della stazione.

Questo modo di scambio di pila o di corrente si applica sulle lunghe linee talvolta in più punti, dividendole in tanti tronchi, separati dall'apparecchio di ricambio, ma che possono essere tutti contemporaneamente percorsi da un medesimo dispaccio.

196. **Celerità di trasmissione.** — Suolsi da molti

dimandare con quale rapidità si trasmettano i segnali da una stazione all'altra. Se si parla di un solo segnale la rapidità è eguale alla velocità, con cui l'elettricità cammina. Se s'intende poi di parlare della successione dei segnali, la cosa è ben differente. Ci vuole un tempo materiale per farli e per leggerli, e questo tempo dipende e dalla diversità de' telegrafi, e dall'abilità dei telegrafanti. In media si trasmettono da 50 a 60 segnali o lettere per minuto primo.

La velocità poi dell'elettricità è grandissima, e varia da conduttore a conduttore. Varia anche in un medesimo conduttore col variare della natura de' corpi che lo circondano, essendo maggiore allorchè il conduttore è isolato nell'aria e lontano da ogni altro conduttore, e minore allorchè è isolato da un sottile strato di materia coibente, e immerso nell'acqua o circondato da vicino da altri corpi conduttori. Tale velocità può variare da alcune decine fino a più centinaia di migliaia di chilometri per minuto secondo.

CAPO VIII.

DELLA LUCE

197. Ipotesi sulla natura della luce. — La parte della fisica, che tratta della luce, prende il nome di *ottica*. La luce è il mezzo, per cui noi vediamo i corpi. Essa non è una qualche cosa, che proceda dall'occhio e vada a posarsi sui corpi, ma è, per così dire, vibrata dai corpi e slanciata tutt'intorno; e se una porzione della luce, che un corpo manda, raggiunge l'occhio nostro con acconcia energia, essa va a dipingere sulla retina dell'occhio un'immagine di quel corpo. Noi che stiamo dietro, vediamo quest'immagine e giudichiamo della presenza, della forma, della distanza, della grandezza, del colore del corpo stesso. Non sempre però il nostro giudizio relativo a ciascuno di questi elementi riesce

esatto, ove si fondi sulla sola vista; il concorso degli altri sensi e la sperienza giovano a rettificarlo.

198 **Ipotesi.** — Newton, che colla sua *Ottica* è forse il primo che abbia dato forma di scienza a questa parte della fisica, ed i cui risultati sperimentali ne formano il principal fondamento, ammise, che la luce consistesse in un fluido formato di sottilissime particelle, dotate di speciali polarità, e suscettibile di slanciarsi con una straordinaria velocità non solo nello spazio vuoto, ma ancora a traverso ai corpi trasparenti. Questa ipotesi, detta dell'emissione, non è più ammessibile, essendo contraria ai fatti.

In quale maniera adunque si propaga la luce a traverso ai corpi e negli spazi interplanetari? La fisica e l'astronomia concorsero a dimostrare l'esistenza di una materia fluida immensamente sottile, migliaia e milioni di volte più rada che l'aria, elastica in modo eminente, la quale riempie lo spazio tutto tra pianeta e pianeta, tra stella e stella, e penetra ne' vani de' corpi, tra particella e particella di questi, ed è in continua agitazione. A questa invisibile, impalpabile, incoercibile materia hanno dato il nome di *etere*.

Or bene un corpo non è luminoso, se non quando le particelle, che lo compongono, sono in un moto vibratorio rapidissimo, e scuotono l'etere, che le circonda, a quel modo che un corpo non manda suono senza vibrare e senza comunicare le vibrazioni al mezzo circostante.

Il movimento comunicato all'etere si propaga intorno nell'etere stesso in un modo, che ha molta analogia con quello, secondo cui si propaga il suono nell'aria. I due movimenti però, luminoso e sonoro, differiscono grandemente l'uno dall'altro nella celerità, con cui si succedono le vibrazioni; mentre il suono più acuto sensibile corrisponde a forse 50 mila vibrazioni per secondo (art. 64), la luce più grave (per esprimermi col linguaggio dell'acustica) è generata da circa 400 milioni di milioni, ossia da 400 trilioni di vibrazioni eteree per secondo, e la luce più acuta da circa 800 trilioni.

199. **Varie qualità di luce.** — La luce si manifesta a noi con varie tinte, o per meglio dire, con varii colori, secondo ch'essa è generata da vibrazioni eteree più o meno celeri. Le vibrazioni eteree più celeri, sensibili sotto forma di luce, dànno la luce violacea; le più lente, la luce rossa; crescendo la celerità di vibrazione, si passa successivamente dalla luce rossa all'aranciata, alla gialla, alla verde, all'azzurra, alla violacea. I diversi colori della luce corrispondono ai diversi toni del suono, e dipendono, come i toni, dalla celerità di vibrazione.

Le vibrazioni più celeri di quelle, che corrispondono alla luce violacea, non sono più sensibili all'occhio nostro, ma generano tuttavia degli effetti chimici ben sensibili e misurabili; e le vibrazioni più lente, che quelle della luce rossa, si manifestano sotto l'aspetto di calore.

200. **Distinzione dei corpi rispetto alla luce.** — I corpi rispetto alla luce distinguonsi in *luminosi* ed *oscuri*: i primi mandano intorno una luce propria, come il sole, una fiamma, ecc.; i secondi non si rendono visibili che per la luce, che ricevono dai primi, e ch'essi rimandano intorno per riverberazione. I corpi distinguonsi ancora in *diafani* o *trasparenti*, ed *opachi*. I corpi diafani si lasciano attraversare dalla luce raggiante, gli opachi no. Un corpo diafano, ma al di là del quale non si possa distinguere a vista un oggetto, dicesi *pellucido*; tale sarebbe il caso della carta bianca, del vetro smerigliato, ecc.

201. **Ombra e penombra.** — I raggi luminosi in un mezzo omogeneo camminano in linea retta. In vero un corpo opaco, situatosu llaretta, che unisce l'occhio alla fiamma di una candela, ci toglie la vista della fiamma; ed il fascio di raggi solari, che penetra in una camera oscura, illumina e rende visibile il solo polviglio, che è sulla direzione rettilinea dei raggi stessi. Con questo principio facilmente si spiega la formazione dell'ombra.

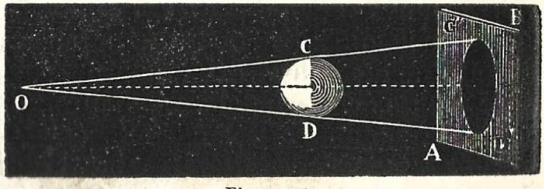


Figura 80

Sia O (*figura* 80) un punto luminoso che manda la sua luce ad illuminare lo schermo AB. Posta tra lo schermo e la sorgente O di luce una palla opaca CD, i raggi luminosi intercettati da questa non andranno

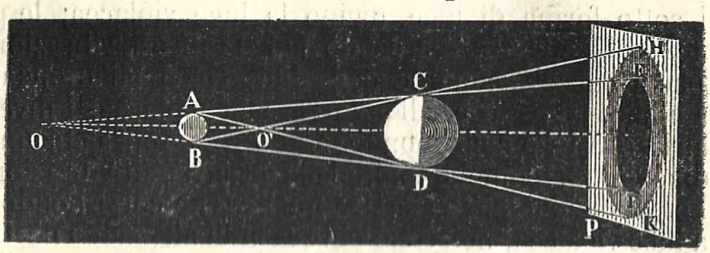


Figura 81

più ad illuminare la parte di schermo, che illuminavano prima. Questa parte sarà più oscura che il resto dello schermo; avremo ivi l'ombra.

Se la sorgente luminosa non consiste in un semplice punto, ma è un corpo esteso AB (*fig.* 81), allora ben si comprende come per l'interposizione della palla opaca

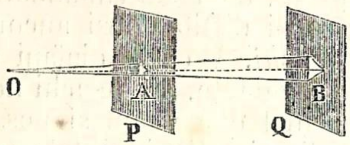


Figura 82

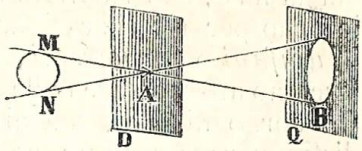


Figura 83

CD un occhio situato nella parte EF dello schermo P non potrà punto vedere il corpo luminoso AB: in quella parte dello schermo vi è l'ombra del corpo. Un occhio poi situato nella zona EHKF, che circonda l'ombra, vedrà solo una porzione del corpo luminoso; in quella zona vi è la penombra del corpo.

202. **Passaggio della luce per piccoli fori.** — La luce, che parte da un punto O (*figura* 82), e passa per un foro A di forma qualunque fatto in un diaframma opaco P, ricevuta sopra uno schermo Q, vi dipinge una immagine B simile al foro A. Se il foro A è piccolissimo, e la distanza AB non è troppo grande rispetto alla OA, anche l'immagine B sarà piccolissima, ma sempre di

figura simile ad A. Ne nasce quindi, che se il foro A (*figura* 83) è piccolissimo, e la sorgente luminosa non è un semplice punto, ma ha un'estensione ed una figura particolare qualunque MN, l'immagine, o tratto illuminato B sul piano Q, sarà formata dalla successione delle piccole immagini simili ad A, corrispondenti ai singoli punti

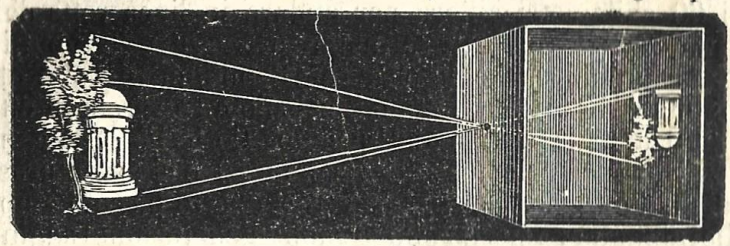


Figura 84

del luminare MN. Si comprende quindi la ragione, per cui all'ombra delle piante i piccoli tratti di terreno illuminati dal sole appariscono rotondeggianti come questo, ancorchè i vani tra le foglie siano poligonali. Durante un ecclisse parziale di sole, o al lume di luna non piena, que'tratti di luce sono scemi o falcati come questi astri. Si spiega ancora dietro il medesimo principio la formazione delle immagini rovesciate in una camera oscura rappresentanti fedelmente gli oggetti esterni, bene illuminati e situati di fronte ad una piccola apertura fatta nella parete della camera, come mostra la figura 84.

203. **Velocità della luce.** — Alcune osservazioni astronomiche ed alcune sperienze di fisici distinti hanno fatto conoscere, che la luce si propaga nello spazio colla velocità di 300 mila chilometri per minuto secondo, velocità veramente straordinaria, ove la si voglia confrontare con quella dei movimenti, che siamo soliti ad osservare sulla terra. Noi riteniamo, che una locomotiva lanciata su di una ferrovia colla velocità di 60 chilometri all'ora cammini ben celeremente. Questa velocità è uguale a quella di un chilometro al minuto, ossia di un sessantesimo di chilometro (16 metri e due terzi) al secondo. Ne segue, che la velocità della luce vale tante volte quella della supposta locomotiva, quante volte un sessan-

tesimo di chilometro si contiene in 300 mila chilometri. Fatto il calcolo troverete, che la luce cammina 18 milioni di volte più celeremente che non quella locomotiva.

Dalle osservazioni astronomiche si ricava, che la luce per venire dal sole alla terra impiega 8 minuti e 18 secondi di tempo. Dunque una locomotiva colla velocità di 60 chilometri all'ora per andare in linea retta dalla terra al sole, e senza fermarsi in nessuna stazione intermedia, dovrebbe impiegare 18 milioni di volte otto minuti e 18 secondi. Fate il calcolo e troverete di oltre a 270 anni la durata del viaggio. Cosicchè se la generazione attuale ne possedesse i mezzi e si avventurasse ad un tanto viaggio, partendo da questo piccolo globo, che abitiamo, i posteri dopo molte generazioni raggiungerebbero finalmente la superficie del sole. Voi potete con ciò farvi un'idea della distanza, che ci separa dal sole, distanza enorme per noi piccini, ma piccolissima, ove la si voglia confrontare con quella, che corre tra noi e le stelle fisse. La più vicina di queste è da noi tanto lontana, che la luce per venirci impiega da cinque a sei anni, e ve ne ha di tali, la cui distanza non è percorsa dalla luce che in centinaia, in migliaia d'anni, cosicchè se a un giorno determinato tutte le stelle del cielo cessassero di esistere, gli ultimi raggi di luce dalle medesime vibrati verso la terra continuerebbero a camminare nello spazio, e noi godremmo ancora di tutto lo spettacolo del cielo per alcuni anni, dopo i quali qualche rara stella comincierebbe a scomparire, e solo dietro una lunga serie di secoli dopo la loro distruzione si perderebbero di vista tutte le stelle.

204. **Intensità della luce.** — M'immagino, che ricordiate quanto ho detto nell'art. 65 intorno all'intensità del suono; ripetete quelle cose relativamente all'intensità della luce, e sarete nel vero. La luce adunque, allorchè si propaga sfericamente intorno alla sorgente luminosa, ha un'intensità, che varia in ragione inversa de' quadrati delle distanze dalla sorgente. Suppongo che abbiate cinque sorgenti di luce, per esempio cinque fiamme di candele steariche o di gas-luce, perfettamente eguali fra

di loro in potere illuminante. Una sola di esse ad una distanza qualunque illuminerà altrettanto uno schermo, quanto le altre quattro insieme, poste a distanza doppia; e per illuminare lo schermo con questa medesima intensità a distanza tripla si richiedono nove fiamme della stessa forza delle precedenti. Queste cose sono confermate dalla sperienza.

Per confrontare il potere relativo di due sorgenti luminose si fa uso di strumenti, che portano il nome di fotometri. Ve ne ha di varie specie, e quasi tutti sono fondati sulla legge sopra enunciata. Uno dei più semplici fotometri è quello di Rumford, fondato sul paragone delle ombre. Sopra una superficie bianca H (*figura* 85) si proiettano le ombre D, E, di un cilindro opaco C, corrispondenti ai due lumi A, B. L'ombra D è rischiarata dal lume B, e l'ombra E da A. È chiaro, che se le due ombre avranno eguale intensità, il piano H sarà egualmente illuminato dai due lumi, le cui forze rischiaranti staranno in conseguenza fra loro nella ragione inversa de' quadrati delle distanze di A e di B da H.

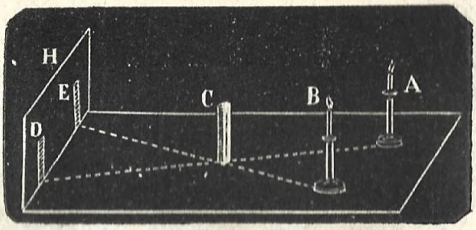


Figura 85

205. **Riflessione della luce.** — La luce imbattendosi nella superficie dei corpi, rimbalza indietro, come farebbe una palla elastica lanciata contro un muro. Questo ripiegarsi indietro della luce chiamasi *riflessione*. Quante volte da ragazzi non vi siete divertiti a far riflettere la luce solare sopra uno specchietto di vetro, proiettandola per ischerzo negli occhi di qualche lontana persona? Quante volte non avete visto nel soffitto della vostra camera danzare i raggi di sole riflessi sulla tremula faccia dell'acqua in un vicino recipiente? Questi sono fenomeni di riflessione della luce.

206. **Specchi piani.** — Gli specchi sono superficie, che riflettono la luce. Mettete dinanzi ad uno specchio piano MN (*figura* 86) un punto luminoso A; tra gli

infiniti raggi, che questo punto manda intorno consideriamone uno AB diretto verso lo specchio. Questo raggio urtando in B si ripiega nella direzione BC in modo che l'inclinazione CBN del raggio riflesso BC sulla faccia dello specchio riesca eguale all'inclinazione ABM del raggio incidente AB sulla faccia dello specchio dalla parte opposta. Tutti i raggi rimandati indietro dallo specchio e procedenti da A si riflettono colla medesima legge, e prendono dopo il rimbalzo tale direzione, che se noi li prolunghiamo mentalmente dietro allo specchio, essi vanno tutti ad incontrarsi in un medesimo punto A′ simmetrico al punto A rispetto alla faccia riflettente

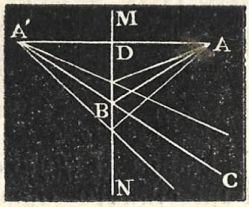


Figura 86

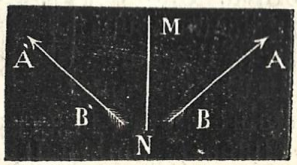


Figura 87

dello specchio, cioè distante dalla faccia MN tanto quanto il punto A, e situato sul prolungamento della perpendicolare AD condotta dal punto A alla superficie MN. Un individuo coll'occhio in C e rivolto verso lo specchio riceve i raggi riflessi e li giudica tutti provenienti dal punto A′ e vede ivi un'immagine del punto A.

Gli specchi piani adunque generano un'immagine di ogni punto luminoso posto loro dinanzi, e questa immagine è simmetrica del punto stesso rispetto alla faccia dello specchio. Quindi se dinanzi ad uno specchio piano MN (*figura* 87) poniamo un oggetto qualunque, per esempio una freccia AB, guardando nello specchio, si vedrà un'immagine di esso, A′B′, simmetrica coll'oggetto rispetto alla faccia MN dello specchio, giacchè ogni punto, come A, dell'oggetto produce un'immagine A′ sua simmetrica.

207. **Riflessioni molteplici.** — Collocate in una camera sulle pareti opposte due specchi piani paralleli; i raggi luminosi dei corpi situati fra di loro, riflessi da

uno specchio, vengono rimandati all'altro, e da questo nuovamente riflessi verso il primo. Succede così una molteplice riflessione fra i due specchi, ed un occhio convenientemente situato può vedere varie immagini di un medesimo oggetto, la posizione e la distanza delle quali può facilmente determinarsi dietro il teorema dell'articolo precedente.

La riflessione molteplice operasi pure sugli specchi piani posti ad angolo, e su di essa è fondato il *caleidoscopio* di Brewster.

Gli specchi di vetro mostrano pure frequentemente la riflessione fatta sulle due facce anteriore di vetro, e posteriore metallica, per cui sovente in uno specchio di vetro l'immagine di un lume si vede moltiplicata.

208. **Specchi ustorii.** — Uno specchio sferico concavo

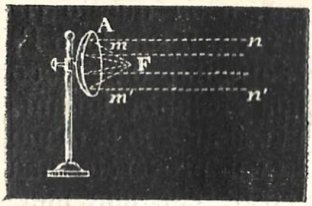


Figura 88

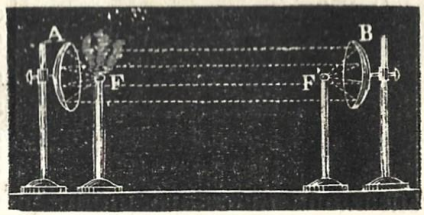


Figura 89

A (*figura* 88) gode di tale proprietà, che se un fascio di raggi luminosi paralleli *nm*, *n'm'* viene a cadere sulla sua faccia, i raggi riflessi prenderanno tale direzione, che tutti s'incontrano e s'incrocicchiano prossimamente in un medesimo punto F, al qual punto fu dato il nome di *foco principale* dello specchio. La distanza tra questo punto ed il punto più vicino della superficie riflettente dicesi *distanza* o *lunghezza focale* dello specchio.

Viceversa se collocate un punto luminoso in F, i raggi, ch' ei manda allo specchio, vengono riflessi indietro parallelamente gli uni agli altri nella direzione *mn*, *m'n'*.

Rivolgete uno specchio sferico concavo contro il sole; i raggi solari luminosi e caloriferi riflessi dallo specchio verranno concentrati nel foco principale. Avremo nel foco una condensazione di luce e di calore, e se lo specchio ha dimensioni sufficienti, può il calore ivi ac-

cumulato essere tanto intenso da dar fuoco a qualunque combustibile e far fondere i metalli più refrattari.

Dicesi, che con ispecchi di questo genere Archimede, concentrando il calore solare, abbia bruciato, o piuttosto proposto di bruciare le navi dei Romani.

Invece di un solo specchio ustorio, Buffon, servendosi di molti specchi piani riflettenti tutti il calore solare in un medesimo sito, ha potuto da una considerevole distanza comunicare il fuoco ad una catasta di legno.

Mettete due grandi specchi sferici concavi A, B (*figura* 89), l'uno di fronte all'altro alla distanza di alcuni metri, e nel foco F' di uno di essi una palla di ferro rovente; i raggi caloriferi riflessi dallo specchio B andranno a cadere parallelamente gli uni agli altri sullo specchio A, e da questo riflessi verso il suo foco F, ove potranno dar fuoco ad una sostanza infiammabile. Mettendo la mano in F, voi proverete una sensazione di calore molto più intenso, che non mettendola più presso alla palla infuocata.

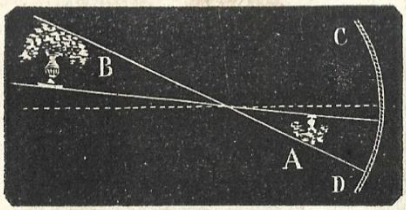


Figura 90

Le immagini generate dagli specchi sferici differiscono di grandezza e di posizione rispetto all'oggetto dipendentemente dalla curvatura dello specchio e dalla posizione dell'oggetto rispetto a questo. Per esempio se dinanzi ad uno specchio sferico concavo CD (*figura* 90) voi mettete un mazzetto A di fiori rovesciato e bene illuminato, i raggi di luce lanciati dal mazzetto contro lo specchio verranno da questo riflessi verso B, ove formeranno un'immagine ingrandita e rovesciata del mazzetto. Una persona posta al di là di B, guardando verso lo specchio, vede l'immagine B, e crede che vi sia nello spazio un mazzetto reale. Se l'apparecchio è situato in una camera oscura, ed il mazzetto ed il lume sono nascosti sotto una tavola, collo specchio così diretto, che l'immagine B venga a formarsi sopra la tavola, la illusione è perfetta; lo spettatore allunga la mano per

prendere il mazzetto, ma non tocca che aria e vana luce. Il gioco è pure grazioso, ove al posto del mazzetto A si collochi un coniglio, un piccione, ecc.

209. **Anamorfosi.** — Gli specchi piani non isformano le immagini dell'oggetto; gli sferici possono sformarle più o meno secondo le circostanze; ma gli specchi cilindrici, conici e di altre figure qualunque, talvolta sformano talmente le immagini, che non vi ha più tra loro e l'oggetto apparenza di similitudine. Su questo principio sono fondati i giochi di *anamorfosi*, per cui un disegno in apparenza bizzarro e nulla significante, riflesso in uno specchio di forma adatta, dà luogo ad un'immagine regolare rappresentante una cosa determinata e facilmente riconoscibile.

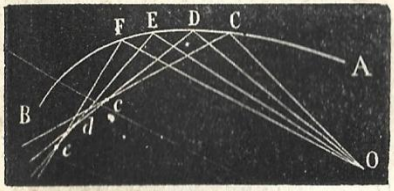


Figura 91

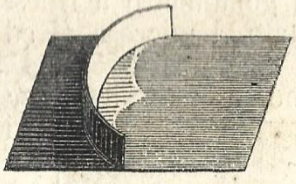


Figura 92

210. **Catacaustiche.** — Sia una linea piana qualunqne AB (*figura* 91) capace di riflettere i raggi luminosi che la incontrano, e cada su di essa un fascio di raggi di luce OC, OD, OE, ecc. giacenti nel piano della linea. Due raggi qualunque consecutivi, come OC, OD dopo la riflessione in C*c*, D*d* in generale si tagliano in un punto *c*. La serie dei punti *c*, *d*, *e*, ecc., in cui si tagliano due raggi qualunque successivi riflessi, costituisce una linea, la quale, essendo il luogo di coincidenza di due o più raggi, è più illuminata che lo spazio vicino, e prende il nome di *catacaustica* o *caustica per riflessione*. Ben si comprende come la natura della catacaustica debba dipendere dalla natura della linea riflettente e dalla direzione dei raggi incidenti. Se ad una linea si sostituisce una superficie, la catacaustica, ossia il luogo geometrico dei punti d'incontro di due raggi successivi qualunque riflessi, è pure in generale una superficie. La figura 92 rappresenta la catacaustica di una superficie

cilindrica. Tutti conoscono le belle catacaustiche, le quali naturalmente si dipingono sul fondo dei vasi di porcellana o di vetro convenientemente illuminati.

211. **Applicazioni.** — Innumerevoli sono le applicazioni, che si fecero o si possono fare dei principii precedenti. I grandi specchi piani sono un utile ornamento delle nostre sale; gli specchi curvi servono sia ad ingrandire le immagini, come negli specchi da barba, sia a dirigere convenientemente la luce e concentrarla ne'siti, ove si abbisogna di maggiore intensità luminosa, come nei corridoi, nelle vie e specialmente nei fari. Si tira pure partito della proprietà degli specchi piani e curvi e delle leggi della riflessione della luce in molti strumenti di fisica e di astronomia, quali sono, ad esempio, il goniometro a riflessione, il sestante d'Hadley, l'eliostato, i microscopi ed i cannocchiali catadiottrici.

212. **Rifrazione.** Un raggio di luce passando da un mezzo in un'altro, per esempio dal vuoto nell'aria, dall'aria nell'acqua, dall'acqua nel vetro, ecc., s'inflette alquanto nel punto di separazione de' due mezzi. Supponiamo ch'ei passi dall'aria nell'acqua, nell'aria egli segue il suo cammino rettilineo, nell'acqua pure; ma le due linee rette, che segue il medesimo raggio nell'aria e nell'acqua, fanno tra loro un angolo, che ha il suo vertice nel punto ove il raggio abbandonando l'aria entra nell'acqua. Questo inflettersi dei raggi luminosi prende il nome di *rifrazione,* la quale, badisi bene, non va confusa colla riflessione. Per rifrazione adunque s'intende la deviazione dal cammino rettilineo, alla quale va soggetta la luce nel passaggio da un mezzo ad un altro.

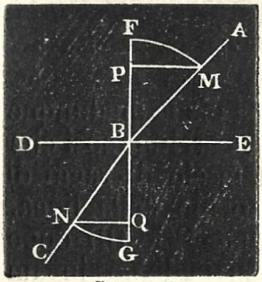


Figura 93

Diconsi mezzi rifrangenti tutti i corpi, in cui penetrando obliquamente la luce devia dalla sua direzione di prima.

Rappresenti DE (*figura* 93) la superficie di separazione di due mezzi differenti, per esempio aria ed acqua.

Se un raggio di luce AB viene a passare dall'aria nell'acqua, giunto alla superficie DE in B, cambia di direzione, seguendo nell'acqua la via BC più prossima alla normale FG condotta alla superficie di separazione nel punto B. Viceversa, se lo stesso raggio ha direzione contraria ossia passa dall'acqua nell'aria, entrando nel secondo mezzo devia, allontanandosi dalla normale FG.

Se il raggio luminoso cade normalmente alla superficie di separazione de' due mezzi, esso non devia punto dal suo cammino.

213. **Effetti della rifrazione.** — Dalla rifrazione della luce dipendono molti fenomeni. Così un bastone immerso obliquamente nell'acqua sembra piegato alla superficie di questa. Il disco della luna piena presso all'orizzonte sembra un poco schiacciato nel senso del diametro verticale. Gli astri si veggono sopra l'orizzonte, quando in realtà sono ancora di circa mezzo grado al di sotto. Un oggetto osservato attraverso un mezzo rifrangente a facce non parallele sembra spostato dal luogo in cui esso realmente si trova.

214. **Angolo d'incidenza e di rifrazione** — L'angolo ABF (*figura* 93), fatto colla normale BF dal raggio AB incidente sulla superficie di separazione de' due mezzi, dicesi *angolo d'incidenza,* e l'angolo CBG, fatto dalla direzione del raggio dentro il secondo mezzo colla stessa normale, dicesi *angolo di rifrazione.* Il raggio considerato nel secondo mezzo prende il nome di *raggio rifratto.*

215. **Mezzi più o meno rifrangenti.** — Allorchè la luce passa dal vuoto in un mezzo rifrangente, l'angolo di rifrazione è sempre minore dell'angolo d'incidenza, cosicchè i raggi rifratti si accostano alla normale condotta alla superficie del mezzo. Un mezzo dicesi più rifrangente che un altro, allorchè a parità d'angolo di incidenza fa maggiormente accostare alla normale i raggi rifratti provenienti dal vuoto. Passando la luce da un mezzo meno rifrangente in uno più rifrangente, l'angolo di rifrazione riesce minore dell'angolo d'incidenza, e viceversa. Molti dicono, che la luce si accosta

alla normale, passando da un mezzo meno denso in uno più denso; è un errore, sebbene per molti corpi questa cosa abbia luogo.

216. **Riflessione totale.** — Non sempre la luce può passare da un mezzo più rifrangente in uno meno rifragente. Un raggio AB (*figura* 94), ad esempio, uscendo dall'acqua entra nell'aria (meno rifrangente) piegandosi a seconda di BE in modo, che l'angolo di rifrazione EBD riesca maggiore dell'angolo d'incidenza ABC. Facciamo crescere l'angolo d'incidenza, ed il raggio AB prenda la direzione HB, crescerà pure l'angolo di rifrazione. Si arriverà infine ad un angolo d'incidenza CBK tale che

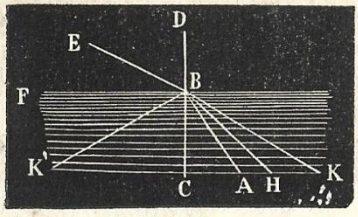


Figura 94

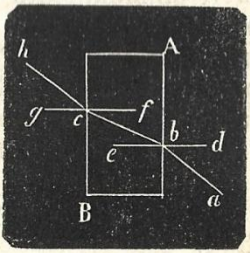


Figura 95

l'angolo di rifrazione corrispondente riescirà retto. Il raggio luminoso non potrà più entrare nell'aria, ma giunto in B, dovrebbe rasentare la superficie dell'acqua a seconda di BF. Per un angolo d'incidenza ancora maggiore di CBK, il raggio di luce giunto in B si riflette totalmente indietro seguendo le leggi della riflessione, come se la superficie FB dell'acqua fosse uno specchio perfettissimo. Ha luogo allora il fenomeno conosciuto sotto il nome di *riflessione totale.*

217. **Passaggio della luce per mezzi a facce parallele e per mezzi a facce inclinate; prisma.** — Un fascio di raggi luminosi e paralleli attraversando un mezzo diafano terminato da facce piane e parallele (come sarebbe ad esempio una lastra di vetro) soffre due rifrazioni, una all'ingresso ed una all'uscita dal mezzo, ma il raggio emergente riesce perallelo al raggio incidente. Rappresenti AB (*figura* 95) un cristallo a facce parallele

più rifrangenti che l'aria, in cui lo supporremo collocato. Un raggio di luce *ab* entrando nel cristallo, si accosta alla normale *cd*, seguendo in esso la via *be*, ove giunto uscirà di nuovo nell'aria allontanandosi dalla normale *fg* di tanto, di quanto si avvicinò alla *cd*; quindi il raggio emergente *eh* è parallelo al raggio incidente *ab*.

Invece se il mezzo rifrangente attraversato dalla luce è a facce piane inclinate, come le due facce adiacenti d'un prisma triangolare, i raggi che attraversano quelle due facce s'inflettono all'ingresso ed all'uscita nel medesimo senso, e vengono quindi deviati. Rappresenti il triangolo ABC (*figura* 96) la sezione trasversale di un prisma formato di un mezzo qualunque, che supporrò più rifrangente che il mezzo che sta intorno. Un raggio di luce DE entrando nel prisma invece di seguire il cammino rettilineo DEON, si avvicina alla normale HI e prende la via EF; uscendo poi dal prisma, invece di seguire questa via verso M, va per la via FG, allontanandosi dalla normale KL. Quindi la via di quel raggio è tracciata dalla linea rotta DEFG, ed il raggio soffre una deviazione misurata dall'angolo NOG.

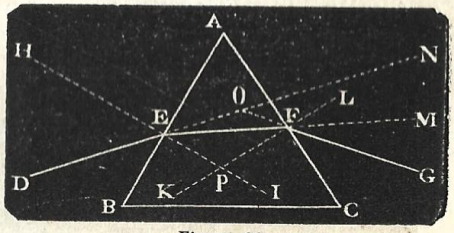


Figura 96

Un occhio situato in G vedrà il punto luminoso D sulla direzione di GF. Quindi si comprende come un oggetto visto a traverso ad un prisma apparisca rimosso dalla sua posizione e trasportato verso il vertice del prisma.

218. **Lente sferica biconvessa.** — La luce, che attraversa una lente sferica biconvessa AB (*figura* 97), viene deviata in modo analogo a quanto avviene nel prisma. Un fascio di raggi paralleli all'asse CD della lente viene così deviato, che va a concentrarsi al di là della lente in un punto F, che è detto il *foco principale* della lente. Viceversa se in F collochiamo un punto luminoso, i raggi procedenti da questo, e diretti verso la lente,

nell'attraversarla deviano in modo, che ne escono paralleli all'asse CD. Dirigete l'asse d'una lente convessa al sole, e vedrete i raggi luminosi e calorifici concentrarsi nel foco della lente, ove, se la lente è di sufficiente ampiezza, potete accendere un solfanello, ed anche, con grandissime lenti, far fondere i metalli più refrattari.

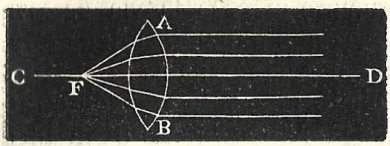


Figura 97

La luce mandata da un oggetto qualunque, attraversando una lente, genera, come negli specchi sferici, un'immagine dell'oggetto stesso, reale o virtuale, rovescia o diritta, impicciolita od ingrandita, secondo i casi. Su

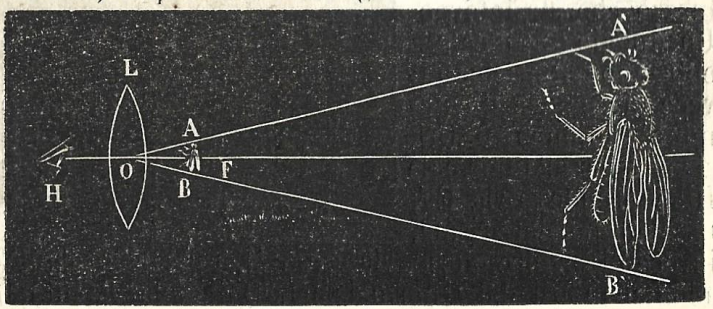


Figura 98

questo principio sono fondati gran parte degli strumenti ottici. La figura 98 rappresenta una lente convessa L impiegata come microscopio semplice. L'occhio è situato in H; al di là della lente tra il centro O ed il foco F, presso al foco stesso, sta l'oggetto AB da osservare. La luce, che parte dall'oggetto, rifratta dalla lente, genera un'immagine di esso A'B' virtuale, ingrandita e diritta, che l'osservatore stando in H può contemplare. L'ingrandimento di un microscopio semplice dipende dalla lunghezza focale OF della lente, e dalla lunghezza della visione distinta dell'osservatore.

219. **Camera oscura.** — L'idea più semplice della camera oscura naturale e senza lenti è rappresentata nella figura 84, pag. 147, e spiegata nell'articolo 202.

L'invenzione della camera oscura è generalmente attribuita al napoletano Giambattista Porta, il quale nella sua *Magia Naturale*, pubblicata or fa tre secoli, descrisse varie belle sperienze fatte con essa camera. Trovasi però menzione di questo apparecchio in autori anteriori al Porta, quali sono Cardano, Leonardo da Vinci ed altri.

La vera camera oscura consiste in una camera di qualunque grandezza e forma, a pareti interne annerite, nella quale la luce non può penetrare che per un foro chiuso da una lente biconvessa. Se fuori della camera di fronte alla lente vi sono oggetti abbastanza illuminati, e a distanza maggiore della lunghezza focale della lente, si formerà di essi entro la camera un' immagine reale e capovolta, che potrà rendersi visibile ricevendola sopra una superficie adatta e situata a distanza conveniente dalla lente. Chi volesse ottenere la immagine raddrizzata, non avrebbe che da collocare uno specchio piano inclinato ad angolo di 45° sulla direzione dei raggi luminosi, sia tra l'oggetto e la lente, sia tra la lente e l'immagine. Ma uno specchio ordinario di vetro male servirebbe a questo scopo, a cagione della riflessione molteplice (art. 207), ed uno specchio metallico perde facilmente col tempo la pulitezza. Egli è perciò che si adopera un prisma triangolare tirando partito della proprietà della riflessione totale della luce (art. 216). La camera oscura può tornare utile ai disegnatori per prendere una veduta, copiare un disegno e simili. La figura 99 rappresenta una disposizione della camera oscura abbastanza comoda per questa applicazione. Il triangolo *mnp* è una sezione del prisma-specchio; in D sta la lente fissa ad un tubo, che può farsi scorrere nel foro praticato nella parete superiore della camera,

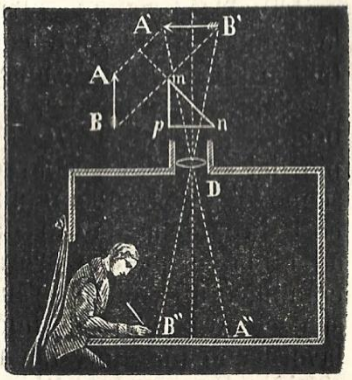


Figura 99

onde portare la lente alla distanza conveniente dalla superficie destinata a ricevere l'immagine. Sia AB l'oggetto; i raggi di esso arriveranno alla lente D come se procedessero dall'immagine sua virtuale A'B', fatta nello specchio piano *mn*, onde ne nascerà sulla superficie orizzontale entro la camera un'immagine reale A''B'', i cui contorni potranno essere delineati dal disegnatore, come si vede nella figura. In questo apparecchio si può ancora risparmiare la lente, dando alle facce *mp*, *np* del prisma, la figura sferica, cosicchè il prisma agisca a un tempo come lente e come specchio.

220. **Fotografia.** — La fotografia è l'arte di fissare le immagini ottenute colla camera oscura. Da lungo tempo si conosce l'azione della luce su varie sostanze, specialmente sull'iodio, sul nitrato d'argento, su varii bromuri, ecc., ecc. Varii fisici e chimici in sul principio del presente secolo dirizzarono i loro sforzi allo scopo di ottenere le immagini degli oggetti dipinte, per così dire, della natura stessa. Niepce fu uno dei primi ad ottenere qualche prova soddisfacente. Nel 1829 egli comunicò il risultato de'suoi studi a Daguerre, che pure si occupava del medesimo oggetto. Da quell'epoca essi lavorarono insieme; ma Niepce morì dopo cinque o sei anni, e Daguerre continuò da solo le sue ricerche fino al 1839, quando ricevuto, dietro proposta di Arago, un decoroso compenso delle sue fatiche dal governo francese, pubblicò il segreto della sua bella scoperta.

221. **Dagherrotipo.** — La camera oscura applicata alla fissazione fotografica delle immagini prende il nome di *Dagherrotipo*. Ecco un'idea dell'invenzione di Daguerre. Si esponga ai vapori d'iodio una lastra di rame inargentata e perfettamente pulita, tanto che si formi su di essa un sottilissimo strato d'ioduro d'argento. Si riceva sulla lastra così preparata l'immagine dell'oggetto, qualunque siasi, entro la camera oscura. Se l'oggetto è abbastanza illuminato, i raggi luminosi attaccheranno e decomporranno l'ioduro d'argento; la decomposizione sarà tanto più completa, quanto maggiore è l'azione della luce. Lasciando la lamina metallica esposta così alla luce dell'immagine per un tempo conveniente, ne' chiari

dell'immagine l'ioduro sarà interamente decomposto, e l'iodio scomparso; negli oscuri rimarrà intatto l'ioduro d'argento; e nelle tinte intermedie vi sarà una decomposizione più o meno avanzata, in proporzione della luce. Si esponga allora la lamina metallica ai vapori di mercurio; questi amalgameranno l'argento più o meno, secondo ch'egli è più o meno libero dall'iodio. Le operazioni precedenti vanno fatte nell'oscurità, perchè la luce del giorno non alteri lo strato sensibile deposto sulla lamina. Dopo l'azione de' vapori mercuriali l'immagine è visibile, chiara in campo oscuro. Per fissare maggiormente questa immagine s'immerge la lamina in una soluzione poco concentrata di cloruro d'oro e di iposolfito di soda, la quale lavatura fa risaltare maggiormente le ombre e i chiari dell'immagine, a cagione del doppio amalgama d'oro e d'argento, che si forma.

Trattando la lamina di rame inargentato, come ho detto da principio, solamente coi vapori d'iodio, la sua sensibilità all'azione della luce non diviene molto grande, e per prendere un'immagine si richiede un'esposizione della lamina all'azione della luce nella camera oscura per lo meno per 10 a 12 minuti. Si accelera grandemente l'operazione, e si prende l'immagine in meno di un minuto preparando la lamina come segue. Si comincia ad esporla in un sito oscuro ai vapori d'iodio, tanto che alla luce di una candela ella apparisca di colore giallo dorato. Si espone in seguito ai vapori di bromuro di calce per un minuto circa, cioè fino a che ella apparisca di colore rosso. Finalmente si espone un'altra volta ancora ai vapori d'iodio per un tempo metà di quello della prima esposizione a questi vapori. L'ioduro ed il bromuro di argento, che si formano in tale maniera sulla lamina, sono decomposti colla massima facilità dall'azione della luce.

Perchè la immagine nella camera si formi colla massima precisione possibile, conviene annullare per quanto si possa gli effetti dell'aberrazione di sfericità e di rifrangibilità della lente. Egli è perciò che si adopera una

buona lente acromatica, anzi un sistema di due lenti acromatiche così unite, che si possono avvicinare ed allontanare a beneplacito, onde far cadere l'immagine nel sito voluto. Inoltre un diaframma con foro circolare in mezzo intercetta i raggi, che cadrebbero troppo presso il lembo delle lenti, e sui quali sarebbe più sensibile l'effetto dell'aberrazione di sfericità.

Per collocare la lamina metallica proprio nel sito dove la immagine è più chiara e distinta, si colloca da prima nella camera oscura, là dove dovrà essere posta la lamina, una lastra di vetro smerigliato, sulla quale si fa cadere l'immagine dell'oggetto, di cui si vuole il disegno. Allontanando od avvicinando convenientemente la lente o le lenti, si fissano queste nella posizione corrispondente alla massima chiarezza dell'immagine. Tolto allora il vetro smerigliato, si pone in sua vece la lamina metallica.

222. **Nuovi procedimenti fotografici.** — Le operazioni descritte nell'articolo precedente dànno una idea del metodo pubblicato per la prima volta da Daguerre, e di alcuni perfezionamenti posteriormente arrecati per ottenere le immagini su lastre metalliche. Ma dopo che Talbot fece conoscere il suo metodo di fotografia su carta, si abbandonò il metodo di Daguerre, e si concentrarono gli studi su quello di Talbot, ora generalmente seguito. Si comincia a fare una prima *immagine negativa* su vetro. Chiamasi immagine negativa un'immagine, i cui chiari corrispondono agli scuri dell'oggetto, e viceversa. Dalla negativa poi si traggono tante copie, quante si desiderano, d'immagini *positive* su carta od anche su vetro.

Le prove negative sul vetro si preparauo sia col collodio umido, sia col collodio albuminato (è il collodio una soluzione di cotone fulminante in alcool ed etere). Si preferisce il primo metodo pei ritratti, il secondo per le immagini di oggetti inanimati. Nel primo metodo la preparazione del vetro deve precedere di poco la sua esposizione alla luce nella camera oscura, mentre la lastra preparata coll'albumina può conservarsi inalterata

per varii mesi, essa però per ricevere le immagini richiede una più lunga esposizione all'azione della luce.

1° *Metodo.* — Si comincia a pulire perfettamente la lastra di vetro, quindi tenutala orizzontale, le si versa sopra un po' di collodio contenente in dissoluzione alcuni bromuri e ioduri (di potassio, d'ammonio e di cadmio). S'inclina qua e là il vetro in modo, che il liquido scorra su tutta la superficie, e se ne formi un sottile strato uniforme. L'etere bentosto si evapora, e lo strato restante si rappiglia sul vetro e vi aderisce. S'immerge allora, stando in luogo oscuro, la lastra in una soluzione di nitrato d'argento per due minuti circa, la quale operazione converte i bromuri e gl'ioduri in bromuro e ioduro d'argento. Estratta poscia la lastra, ed ancora inumidita, si porta nella camera oscura a ricevere l'azione della luce. L'immagine non apparisce che dopo avere immerso la lastra in una soluzione di acido pirogallico. I chiari delle immagini diventano oscuri e viceversa. Finalmente per fissare questa immagine, e togliere le porzioni di ioduro e bromuro d'argento non alterate, si immerge ancora la lastra in una soluzione d'iposolfito di soda, e si lava poscia con acqua distillata.

2° *Metodo.* — Si opera precisamente come nel primo metodo fino al punto in cui la lastra di vetro è atta a ricevere l'azione della luce nella camera oscura. Allora lavasi la lastra più volte con acqua distillata, e si depongono sulla medesima due strati successivi di una soluzione formata di 120 parti d'albumina, 20 d'acqua, 5 di destrina, 1·10 di ioduro di potassio, 0·35 di bromuro di potassio. Questa specie di vernice sottrae all'azione della luce lo strato sensibile sottostante, e può la lastra così preparata conservarsi per mesi intieri, ed anche per anni. Un giorno però o due prima di servirsene conviene immergerla in una soluzione di nitrato d'argento. Il resto dell'operazione è come nel primo metodo. L'esposizione della lastra all'azione della luce nella camera oscura nel secondo metodo deve durare tre o quattro volte tanto, quanto nel primo.

Per ottenere sulla carta tante copie, quante si vogliono,

d'immagini positive, distendesi ciascun foglio di carta sopra una soluzione di cloruro d'iodio, e si lascia in seguito asciugare. Poscia si distende ancora ciascun foglio nel medesimo senso di prima sopra una soluzione di nitrato d'argento, il che fa rivestire di cloruro d'argento la faccia del foglio, che fu in contatto colle due soluzioni. Lasciati di nuovo asciugare i fogli, ponesi successivamente su ciascuno di essi la lastra di vetro contenente la prova negativa, facendo cadere su di questa un fascio di luce. La luce attraversa il vetro nei tratti chiari dell'immagine, ed è intercettata dagli oscuri. Essa va dunque ad agire sulla carta, generando su questa un'immagine inversa di quella del vetro, cioè positiva. S'immerge in seguito il foglio di carta in una soluzione di cloruro di oro, si fissa l'immagine coll'iposolfito di soda, e si lava finalmente a più riprese con acqua pura.

223. **Differente rifrangibilità delle differenti specie di luce.** — Provate a far passare successivamente a traverso ad un medesimo prisma e col medesimo angolo d'incidenza dei fascetti di luce di vario colore, e troverete, che non tutti vengono deviati della medesima quantità. La luce rossa si rifrange meno che l'aranciata, l'aranciata meno che la gialla, la gialla meno che la verde, la verde meno che l'azzurra, l'azzurra meno che la violacea.

Per procurarci queste varie qualità di luce sono molto acconci gli antichi vetri coloriti delle finestre di alcune chiese. Un vetro di un colore è opaco per tutte le specie di luce, quella del suo colore eccettuata. Così fate passare la luce solare a traverso ad un vetro rosso; tutte le radiazioni diverse dalla rossa sono intercettate da questo vetro, e la luce rossa soltanto può passarci oltre. Quindi ricevendo sopra uno schermo la luce, che attraversa un vetro rosso, la vediamo tinta di questo colore. Lo stesso dite dei vetri di qualunque colore.

Ciò non avviene perchè il vetro comunichi il suo colore alla luce, ma perchè la luce, che noi mandiamo sul vetro, non è semplice, e consta di varie specie di luce (art. 199), rispetto alle quali il vetro fa le funzioni di un

crivello, intercettando tutte quelle, che non sono del suo colore. Ciò tanto è vero, che se noi facciamo cadere su di un vetro rosso, per esempio, un fascio di raggi luminosi non contenenti luce rossa, nessuna luce passa oltre il vetro. Egualmente la luce rossa non passa oltre ad un vetro verde, la luce verde non passa oltre ad un vetro violaceo, ecc.

Pertanto se con uno specchio mandiamo un fascio di luce solare entro una camera chiusa, e lo facciamo passare a traverso ad un vetro colorito, ricevendolo poscia sopra un prisma, possiamo misurarne la deviazione sofferta. Facciamo la stessa sperienza per le varie specie di luce, e troveremo, che queste realmente si rifrangono differentemente.

224. **Decomposizione della luce solare per mezzo del prisma.** — Facciamo penetrare nella camera, di cui nell' art. precedente, un fascio di luce solare naturale, e riceviamola sopra un prisma di flint, per esempio; essa si rifrangerà, passerà oltre, e potremo riceverla sopra uno schermo. Là voi vedrete un magnifico spettacolo; la luce bianca del sole si proietta sullo schermo tinta di tutti i colori dell'iride. La figura 100 mostra la dispersione della luce, che avviene in questa sperienza, e la distribuzione dei colori. Essi distinguonsi nell'ordine seguente: *rosso*, *arancio*, *giallo*, *verde*, *azzurro*, *indaco*, *violaceo*. L'insieme di questi colori forma ciò che si chiama lo *spettro solare*. Questi colori si dicono *semplici*, perchè facendo passare i raggi di un solo colore, rosso, per esempio, a traverso un prisma, essi rifrangonsi, ma non si scompongono ulteriormente in raggi di nuovi colori. Ma se l'occhio distingue solo sette colori nello spettro, non ne segue però, che si passi da uno di questi colori al seguente per un salto deciso. Si osserva nello spettro, passando da un colore all'altro, una sfumatura continua,

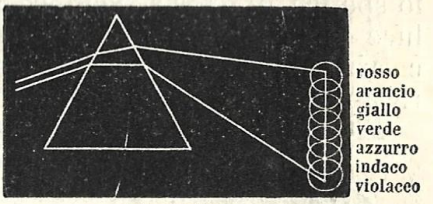


Figura 100

cosicchè propriamente e rigorosamente parlando, infiniti sono i tratti dello spettro diversamente coloriti.

La ragione del fenomeno sta in ciò, che la luce bianca consta dalla riunione di tutte le specie di luce in una proporzione determinata. Passando la luce bianca a traverso al prisma, le varie qualità di luce, che la compongono, si rifrangono diversamente, e vanno a cadere separate le une dalle altre sullo schermo.

225. **Spettro ottenuto colla luce di altre sorgenti.** — Se si fa passare a traverso al prisma la luce di una sorgente qualunque diversa dal sole, succede sempre la dispersione e la decomposizione. Non si trovò finora alcuna sorgente di luce, che abbia dato raggi differenti da quelli dello spettro solare; all'opposto, assai frequentemente accade, che lo spettro ottenuto con luce diversa dalla solare contenga un numero minore di colori, che lo spettro di questa. Sempre però i colori esistenti nella luce analizzata sono nello stesso ordine, che i colori corrispondenti dello spettro solare, ed hanno la stessa rifrangibilità. Il posto de' colori mancanti rimane oscuro.

226. **Ricomposizione della luce.** — Facendo coincidere insieme i raggi diversamente coloriti dello spettro solare, si ottiene di nuovo la luce bianca. Può questa cosa conseguirsi in varii modi. 1° Ricevendo i raggi scomposti dal prisma su di un secondo prisma eguale al primo e capovolto, essi ne emergeranno riuniti e paralleli al fascio incidente sul primo prisma, e ricostituiranno la luce bianca. 2° Concentrando con una lente convessa i raggi dello spettro in un foco, si ottiene ivi la luce bianca. 3° Facendo girare rapidamente su di un asse un disco (*figura* 101) diviso in settori coloriti coi colori dello spettro, il disco apparisce bianco. 4° Concentrando nel foco di uno specchio sferico concavo i raggi dello spettro, si ottiene pure la luce bianca. 5° Ricevendo su sette specchi piani i sette colori separati dello spettro, e dirigendo i colori riflessi verso

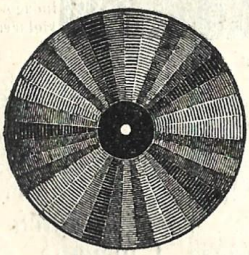


Figura 101

un medesimo punto di uno schermo, si genera su questo la luce bianca. 6° Mescolando in proporzione conveniente sette polveri colorite coi colori dello spettro, si ottiene una polvere bianca.

227. **Composizione de' colori; colori complementari.** — La combinazione di due o più colori semplici dà pure luogo a colori composti. Così dall'unione di due colori vicini dello spettro, per esempio rosso e arancio, ne risulta un colore intermedio, che non è più rosso e che non è ancora arancio, ma una sfumatura de' due. Se i due colori semplici mescolati ne abbracciano uno intermedio nello spettro, come sono il giallo e l'azzurro, dalla loro unione nasce il colore intermedio, ossia il verde.

Due colori, che combinati diano il bianco, diconsi l'uno dell'altro *complementari*. Tali sono, ad esempio, il verde ed il rosso. Per trovare sperimentalmente quale sia il colore complementare di un determinato colore dello spettro, basta combinare insieme tutti i colori dello spettro, quest'ultimo eccettuato. Il colore, che nasce da questa combinazione, è il colore complementare cercato. Così, tolto il rosso, gli altri colori dello spettro combinati dànno il verde, al quale aggiungendo il rosso si fa il bianco. Dunque il rosso ha per complementare il verde.

228. **Spettro dei corpi infiammati.** — La fiamma proveniente dalla combustione dei corpi differenti dà una luce il cui spettro differisce da corpo a corpo. Così la luce prodotta da un metallo, per esempio, in combustione somministra in generale uno spettro discontinuo, nel quale o mancano alcuni colori, rimanendo oscuro lo spazio, che loro corrisponde, o si trovano qua e colà delle righe trasversali distintissime e più lucide che le regioni laterali dello spettro. Ogni sostanza in combustione genera uno spettro proprio, cosicchè dall'osservazione dello spettro si può giudicare della natura della sostanza. Ciò tanto è vero, che studiando gli spettri propri della luce procedente da ciascun corpo incandescente od in combustione, i chimici rilevarono un nuovo mezzo de-

licatissimo a un tempo e potentissimo di analisi, cosicchè Bunsen e Kirchhoff hanno con esso potuto scoprire due nuovi corpi semplici, il *cesio* ed il *rubidio*, Crookes e Lamy trovarono un nuovo metallo, il *tallio*, e Reich e Richter l'*indio*. Nè si limita questo nuovo strumento d'analisi chimica alla manifestazione de' corpi terrestri, ma ancora ci somministra il mezzo di giudicare quale sia la natura dei corpi, che abbruciano nella fotosfera del sole e delle stelle fisse, cosa affatto sorprendente ed inattesa. Così studiando le righe, che Wollaston e Frauenhofer hanno scoperto nello spettro solare, e confrontandole con quelle di varii corpi terrestri, si giudicò, che la luce, che ci viene dal sole, debba attraversare una fotosfera contenente quasi certamente sodio, ferro, cromo, nichelio, magnesio, idrogeno e manganese sotto forma di gas incandescenti od in combustione, le quali sostanze pertanto sarebbero comuni al sole ed alla terra. Il signor Huggins ed il P. Secchi fecero lunghi studi, ed ottennero magnifici risultati di spettrometria celeste; mi rincresce, che lo spazio mi manchi assolutamente per darne al lettore una qualche idea.

CAPO IX.

DELLA METEOROLOGIA

229. **Definizione.** — La *meteorologia* è la parte della fisica che tratta de' grandi fenomeni, che succedono nel grembo dell'atmosfera e della terra, detti *meteore*, quali sono la pioggia, il fulmine, l'arco baleno, l'aurora polare, la rugiada e molti altri.

230. **Igrometria.** — L'acqua che copre la superficie del globo è in continua evaporazione; onde l'atmosfera deve contenere sempre una quantità più o meno grande di vapori acquei. La parte di meteorologia, che si occupa della determinazione di questa quantità, prende il nome

di *igrometria*, e *igrometri* diconsi gli strumenti destinati alla misura dell'umidità dell'aria.

231. **Igrometro di Saussure.** — Varii corpi, specialmente organici, esposti all'aria, si allungano o si dilatano più o meno secondo il grado di umidità dell'aria stessa. I capelli sono di questa specie; ed appunto l'igrometro di Saussure consta di un capello spoglio d'ogni untuosità, appeso verticalmente pel suo capo superiore A (*fig.* 102) e avviluppato inferiormente su di una puleggia C, col capo inferiore gravato di un piccolo peso B, che serve a tenderlo. Esposto l'apparecchio ad un'umidità variabile, il capello si allunga o si accorcia, e fa girare la puleggia, la quale porta un indice D, che segna su di un arco graduato l'allungamento del capello, ossia i gradi di umidità.

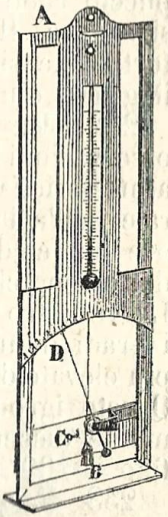


Figura 102

Si gradua l'igrometro mettendolo sotto una campana di vetro accanto ad un vaso pieno di acqua. Questa si evapora, e rende in brevissimo tempo satura di vapori l'aria della campana. L'igrometro segnerà allora la massima umidità, che si nota 100°. Posto in seguito l'igrometro sotto di una campana, ove stiano delle sostanze assorbenti del vapore acqueo, quali sono l'acido solforico concentrato, il cloruro di calcio, ecc., l'aria si secca e lo strumento segna la massima siccità, che si nota 0°. Dividesi poscia in 100 parti eguali lo spazio tra 0 e 100°.

Questo strumento segna solo l'umidità relativa, e non l'assoluta; poichè esso segna sempre 100° nell'aria satura di vapore a qualunque temperatura, sebbene il vapore che satura l'aria sia in maggior copia quando l'aria è più calda, che non quando è più fredda. Un metro cubo d'aria alla temperatura di 0° si satura con cinque grammi e mezzo di vapori acquei, mentre a 25° ne richiede 24 grammi, e a 100 gradi 590 grammi.

La quantità assoluta de' vapori acquei contenuti in un determinato volume d'aria si deduce dall'osservazione

combinata dell'igrometro di Saussure e della temperatura coll'uso di tavole particolari; la si può pure riconoscere facendo assorbire tutto il vapore, contenuto in un'aria determinata, da sostanze avide di questo, e trovando colla bilancia l'aumento di peso delle sostanze medesime.

Un igrometro popolare è quello, cui si dà la forma di un frate col cappuccio mobile. Coll'aria umida il cappuccio cade sul capo al frate; dicono che vuol piovere, perchè il frate si copre. Coll'aria secca il cappuccio cade sulle spalle; non pioverà, perchè il frate si scopre. Il gioco è fatto da un pezzetto di minugia torta, che si contorce e si distorce più o meno, secondo il grado d'umidità dell'aria.

232. **Variazioni nell'umidità atmosferica.** — Le osservazioni igrometriche fanno conoscere, che l'umidità atmosferica varia quasi continuamente, essendovi in generale nell'aria maggiore quantità assoluta di vapore nelle ore più calde della giornata e nelle stagioni più calde dell'anno, che non nelle ore e nelle stagioni più fredde. L'igrometro di Saussure però, il quale non segna che i gradi di umidità relativa, dà d'ordinario indicazioni più elevate di umidità a minori temperature, e viceversa. Questo igrometro presso alla superficie terrestre raramente discende sotto a 40°, ed anche raramente ascende fino a 100°. La media annua oscilla fra i 70 e 75°.

233. **Rugiada e brina.** — La rugiada si forma allo stesso modo, che il velo acqueo, che spesso vediamo deporsi su di un bicchiere contenente ghiaccio. Eccone la teoria di Wells. I corpi tutti a cielo scoperto si scaldano di giorno per l'azione solare, e si raffreddano di notte per irradiazione. Il considerevole potere emissivo di varii solidi, come le pietre, le foglie delle piante, ecc., fa sì, che questi corpi si raffreddano di notte più presto che l'aria. Lo strato aereo però, che è in contatto col corpo raffreddato, si raffredda per contatto, e con esso si raffredda il vapore contenutovi, il quale si condensa in parte, e si depone sul corpo in forma di rugiada. La rugiada adunque si forma in contatto de' corpi stessi, sui quali noi la vediamo, e non cade dall'alto.

Sotto le nubi, le tettoie, e contro i muri, che rimandano ai corpi il calore irraggiato, non si forma rugiada. Il forte vento pure non ne permette la formazione.

La brina non è che rugiada congelata.

234. **Nuvole e nebbia.** — Quando il vapore nell'atmosfera è allo stato di saturazione, basta una piccola diminuzione di temperatura, perchè esso si condensi e passi allo stato visibile di *nebbia,* se è rasente terra, e di *nuvola,* se è in regioni elevate. Il concorso di due masse aeree, una fredda e l'altra calda e carica di vapori, dà spesso luogo a nebbie e nuvole. Si crede da molti, che le particelle di vapore in questo stato abbiano una forma vescicolare. Le nebbie si osservano più spesso lungo i fiumi, sui laghi e nei luoghi paludosi.

Le nuvole trovansi ad altezze, che possono variare da pochi metri ad alcuni chilometri, e dall'aspetto loro esteriore si distinguono in *cumuli, cirri, strati, nembi,* ecc.

235. **Pioggia e neve.** — Dalla concentrazione o dal raffreddamento delle nubi nascono le pioggie e la neve. Solitamente nelle regioni elevate ove fa più freddo, la pioggia si condensa subito in neve, la quale discendendo al basso, se incontra strati aerei più caldi, si converte di nuovo in pioggia; cosicchè una medesima nube può dar pioggia al piano e neve al monte. La pioggia discendendo può incontrare strati aerei carichi di umidità, la quale pel freddo contatto colle gocce acquee si condensa in liquido, e fa sì che la pioggia sia più abbondante nelle regioni basse, che nelle alte. Questa differenza di pioggia è sensibile anche tra il piano terreno ed il tetto di una casa. Avviene però talvolta il contrario; e ciò ha luogo quando gli strati aerei inferiori sono secchi e caldi. Allora la pioggia discendente può evaporarsi in parte od anche totalmente prima di arrivare a terra. La quantità di pioggia, che cade in un luogo si misura coll'*udometro,* o *pluviometro,* che è un vaso di apertura nota, il quale si colloca a cielo scoperto e lungi da muri o ripari. L'acqua, che cade in esso, è condotta in un tubo graduato. La quantità di pioggia annua varia grandemente da paese a paese. A Torino, per

esempio, essa è di circa 70 centimetri, a Genova di metri 1,40. In alcuni luoghi sale fino a 3 metri e più. Presso di noi piove più spesso in inverno, che nella state; ciò nondimeno la pioggia estiva supera l'invernale.

236. **Grandine.** — Quale sia la vera causa della formazione della grandine è cosa finora sconosciuta. Il concorso dell'elettricità in questa meteora pare posto fuori d'ogni dubbio; ma in qual modo questo concorso avvenga è tuttora oggetto delle ricerche dei fisici.

237. **Venti e loro denominazioni.** — Il vento non è altro che una massa d'aria in movimento. Varie cause possono generarlo, ma più frequentemente egli nasce da uno squilibrio di temperatura nell'aria atmosferica. Supponete due paesi vicini, uno più caldo, l'altro meno. L'aria maggiormente riscaldata nel primo si dilata e si solleva in alto, mentre l'aria più fredda, e perciò più densa, dal secondo si precipita verso il primo paese, generando un vento. Intanto l'aria sollevata di questo si precipita superiormente verso il paese più freddo; cosicchè dalla semplice differenza di temperatura di due regioni terrestri vicine nascono due venti, uno inferiore dalla regione più fredda alla più calda, l'altro superiore in direzione opposta.

La direzione e la velocità o forza del vento si determinano con apparecchi, che prendono il nome di *anemoscopi* ed *anemometri*. La velocità del vento può variare da una frazione di metro per secondo (vento appena sensibile) a 40 ed anche 50 metri (uragani che schiantano alberi e case, e portano la desolazione ove passano).

I venti ordinari sono utilissimi: servono a rinnovare l'aria nei luoghi abitati; trasportano i semi di molte piante in siti ove possano essere fecondati; spingono sui continenti i vapori formati sui mari, procurando così un'equa distribuzione delle pioggie; temperano il freddo delle regioni polari, e mitigano il caldo delle equatoriali, ecc., ecc.

Traggono i venti il loro nome dal punto dell'orizzonte d'onde spirano. Così un vento di *est*, o di E., un vento di *sud*, o di S., un vento di *sud-est*, o di S. E. sono

venti, che soffiano rispettivamente dall'est verso l'ovest, dal sud verso il nord, dal sud-est verso il nord-ovest. Alcuni venti hanno anche nomi particolari: così dicesi *borea* o *tramontana* il vento di nord, *austro* o *noto* quello di sud, *euro* quello di est, *maestro* o *maestrale* quello di nord-ovest, *libeccio* quello di sud-ovest, ecc.

238. **Distinzione de' venti.** — I venti per rispetto al modo di propagazione si distinguono in *venti per impulsione* e *venti per aspirazione*. Per rispetto alla direzione ed al tempo in cui soffiano si distinguono in *regolari* ed *irregolari*.

I venti regolari sono costanti o periodici. Di venti costanti non conosciamo che gli *alisei*. Tra i periodici si citano specialmente i *monsoni*, ed i venti *terrestre* e *marino*.

239. **Venti alisei.** — Gli alisei sono *quattro*, sensibili a varie latitudini, ma specialmente nelle regioni tropicali: *due* inferiori o rasente terra, di cui uno è nell'emisfero boreale, ed è diretto dal nord-est al sud-ovest, l'altro nell'emisfero australe dal sud-est al nord-ovest; *due* superiori o nelle regioni elevate, diretti in senso precisamente contrario ai precedenti.

Gli alisei nascono da ciò, che l'aria della zona torrida, più calda che l'aria delle zone laterali, si dilata, si solleva in alto, e si riversa superiormente verso i poli della terra, mentre l'aria delle zone laterali va ad occuparne il posto. Nascono così quattro correnti aeree le quali, combinandosi col movimento di rotazione terrestre, generano i venti suddetti.

240. **Monsoni.** — Sono venti che soffiano nel mare delle Indie in autunno ed in inverno dall'est all'ovest, e nelle altre stagioni dall'ovest all'est. Negli equinozi all'epoca del cambiamento di direzione essi generano forti tempeste. La loro vera origine non è ben nota. La cognizione della loro esistenza è utile per la navigazione a vela in que' mari.

241. **Venti terrestre e marino.** — Di giorno il lido si scalda per l'azione solare più che l'acqua del mare, ma di notte esso raffreddasi più prontamente. Quindi

di giorno l'aria su terra è più calda che su mare, e si forma un vento *marino*, cioè dal mare alla terra; di notte avviene l'opposto, cioè si forma un vento *terrestre*.

242. **Temperature alla superficie terrestre.** — In ciascun sito la temperatura varia nelle varie ore della giornata, essendo massima dalle due alle tre dopo mezzo giorno, e minima un po'prima del levare del sole. Si determina la temperatura media diurna di un luogo, prendendo la media aritmetica di tutte le temperature della giornata. Per questo effetto non è necessario di osservare ad ogni istante il termometro, ma bastano due o tre osservazioni fatte ad ore convenientemente scelte.

La media mensile di un luogo si fa prendendo la media delle medie diurne del mese; la media annua prendendo la media delle medie mensili; e la media locale prendendo per varii anni la media delle medie annue. Si è trovato che la media locale è uguale alla temperatura costante che ha luogo in ciascun paese alla profondità di 12 a 20 metri sotterra.

La temperatura locale, ossia il clima, varia da paese a paese dipendentemente dalla latitudine, dall' altezza del paese sul livello del mare, dalla natura del suolo e dalla coltura di esso, dalla presenza, o no, di grandi masse acquee, dalle correnti marine, ecc., ecc. Essa decresce in generale col crescere della latitudine e dell'altezza del luogo. I terreni di maggior calore specifico, la coltura e le acque temperano mirabilmente il clima, ossia sono contrari ai grandi freddi invernali, come ai forti calori estivi. Un esempio grandioso poi dell'influenza delle correnti marine sui climi l'abbiamo nel *Gulf-Stream*, ossia nella *corrente del golfo*, la quale parte dal golfo del Messico, e camminando verso il nord, viene rasentando la costa occidentale d'Europa, trasportando seco gran parte del calore tropicale, mentre una opposta corrente fredda va dal nord al sud lungo la costa orientale dell'America settentrionale. Questa doppia corrente è causa di grande diversità di clima tra i paesi d'egual latitudine sulle due coste nominate, essendo più caldi i paesi europei, che non gli americani.

Una linea, che unisca una serie di paesi di egual temperatura media locale, dicesi *linea isotermica*. Le linee isotermiche di temperatura più elevata sono presso all'equatore, e questa temperatura è di 29 a 30 gradi. Le linee isotermiche, per le ragioni suddette, non seguono l'andamento de' paralleli all'equatore.

243. **Temperatura nelle regioni elevate dell'aria.** — Le ascensioni sui monti e nei globi aerostatici fanno conoscere che la temperatura dell'aria va scemando a misura che si sale in alto. Nei nostri paesi questo decremento è di un grado ogni 150 a 200 metri d'ascensione; varia col variare dei paesi e delle stagioni, ed è causa della maggiore o minore altezza del limite inferiore delle nevi perpetue.

244. **Temperatura nell'interno del globo.** — Il calore solare penetra nella terra fino ad una profondità, la quale varia, secondo la natura del suolo, da 15 a 20 o 25 metri. A questa profondità la temperatura non è più influenzata dall'azione solare, e rimane perciò costante tutto l'anno. Vi ha dunque tutto intorno al globo uno strato di temperatura variabile. A fior di terra, o a qualche decimetro sotto la superficie la temperatura varia ancora assai sensibilmente lungo l'anno; ma alla profondità di uno o due metri la variazione è già piccolissima. Ad otto o dieci metri essa non è più che di una frazione di grado.

Al limite inferiore di questo primo strato la temperatura è affatto costante, ed è uguale alla temperatura media locale di ciascun paese. Discendendo più abbasso, si trova, che la temperatura (costante in ciascun punto) va crescendo di un grado ad ogni 15, 20, 30 od anche 35 metri, secondo le località. Se discendendo continuasse l'accrescimento di temperatura a questo modo, al centro della terra ci dovrebbe essere un caldo veramente infernale.

Sulla crosta terrestre si trovano dovunque tracce di antica fusione de' materiali, che la compongono. Quindi i geologi ammettono, che anticamente la terra ha dovuto essere intieramente allo stato liquido, od anche aeri-

forme, probabilmente per l'azione di un gran calore. Raffreddandosi coll'andare dei secoli, cominciò a solidificarsi lo strato superficiale, mentre attualmente ancora gli strati inferiori sono tuttavia immensamente caldi ed allo stato di fusione. Di ciò abbiamo una prova nelle eruzioni vulcaniche.

245. **Sorgenti termali.** — Le nozioni precedenti ci dànno la ragione della termicità propria delle sorgenti acquee. Ogni sorgente è generata da ciò, che le acque, infiltrandosi nel suolo, scorrono per istrati di terreno sabbioso, o permeabile, dal quale vengono condotte al sito ove veggonsi sgorgare. Camminando adunque sotterra a seconda dello strato conducente, esse partecipano alle temperature proprie delle varie profondità a cui passano, e sgorgano con una temperatura dipendente dalle profondità stesse e dalla celerità con cui l'acqua cammina. Così si spiegano le sorgenti termali.

246. **Temperatura nei laghi e nei mari.** — Nei laghi e nei mari, dipendentemente dalla proprietà che ha l'acqua di presentare un massimo di densità a circa quattro gradi, la variazione di temperatura col variare della profondità ha luogo in modo diverso. Quando l'acqua superiore ha una temperatura più elevata che 4°, la temperatura degli strati inferiori o è uguale a quella dello strato superiore, o è più bassa; di modo che in generale essa va scemando col crescere della profondità, e può decrescere fino a 4°. Se invece lo strato superiore ha temperatura più bassa che 4°, la temperatura degli strati inferiori o è uguale a quella dello strato superiore, o è più alta, ma non è maggiore di 4°. Finalmente se lo strato superiore ha la temperatura di 4 gradi, la temperatura degli strati inferiori sarà pure di 4°. Tutto ciò ha necessariamente luogo per la legge di equilibrio dei liquidi in un vaso, per la quale gli strati più densi debbono trovarsi sotto, e i meno densi sopra. L'agitazione delle acque potrebbe modificare alquanto i principii esposti; ma in generale anche le più grandi ondate del mare non si estendono che alla profondità di pochi metri.

Segue dai principii esposti, che l'acqua, solidificandosi, deve cominciare a gelare alla superficie, e che anche quando un grosso strato di ghiaccio è già formato, le acque sottostanti possono ancora avere una temperatura di 3 o 4 gradi. Questa circostanza è provvidenziale per gli animali acquatici.

247. **Fulmine.** — In ogni tempo l'aria atmosferica si trova elettrizzata, ora positivamente ed ora negativamente. Si crede, che l'elettricità dell'aria possa nascere dalle molteplici azioni fisiche e chimiche, che avvengono sulla terra, ma specialmente dall'evaporazione dell'acqua e dalla successiva condensazione dei vapori in nubi ed in pioggia.

Le nubi poi sono talvolta assai energicamente elettrizzate, a segno che tra di esse possono scaricarsi potenti scintille, le quali costituiscono il fulmine.

Il fulmine può scaricarsi vuoi tra due nubi, vuoi tra una nube e la terra, la quale è pur sempre per induzione elettrizzata di elettricità contraria a quella dell'aria e delle nubi soprastanti. Esso cammina a zig-zag, perchè sceglie non la via più corta, ma la più conduttrice dell'elettricità, slanciandosi a traverso ai tratti aerei più carichi di vapore acqueo.

Il tuono è il romore che segue il fulmine, come il crepito delle scariche elettriche delle nostre macchine. La durata e variabilità del tuono dipende dalla lunghezza della scintilla, che forma il fulmine, dalla velocità del suono e dalle ripercussioni.

Il lampo, o tratto di luce, che manda il fulmine, non dura che un istante impercettibile; la maggior sua durata apparente dipende dalla persistenza dell'azione luminosa sulla retina dell'occhio nostro.

248. **Parafulmine.** — Franklin, dopo di avere provato che il fulmine non è che una scintilla elettrica, propose il mezzo di preservarci dai danni di questa meteora col parafulmine. Consiste il parafulmine in una grossa e lunga spranga di ferro, acuminata, dirizzata sulla sommità degli edifizi e comunicante col suolo per mezzo di una corda di ferro o di rame.

Le condizioni necessarie perchè un parafulmine produca l'effetto voluto, sono: 1° che la sua punta sia sempre abbastanza acuta e conduttrice; 2° che la corda metallica comunichi perfettamente col suolo; 3° che dalla punta superiore fino all'estremità inferiore del conduttore metallico non vi sia nessuna soluzione di continuità; 4° che tutte le parti dell'apparecchio abbiano dimensioni sufficienti. I costruttori di parafulmini debbono badar bene a tutte le norme che soglionsi dare in proposito dai fisici, per non fare di un parafulmine un attira-fulmine.

Il parafulmine agisce in due modi: 1° neutralizzando l'elettricità della nube e rendendo perciò più difficile l'esplosione della scintilla; 2° conducendo nel suolo la scarica elettrica che potrebbe aver luogo tra la nube e l'edifizio munito di parafulmine.

L'azione preservatrice del parafulmine si constata da ciò, che alcuni edifizi che erano, per la loro esposizione, ogni anno colpiti da questa meteora, più nol furono appena muniti di parafulmine.

249. **Aurora polare.** — È una magnifica meteora luminosa, che si manifesta raramente ne' nostri paesi, frequentemente e quasi ogni notte nelle regioni polari. Quando si mostra a noi, essa apparisce solitamente dal lato di nord, ove un tratto più o meno esteso di cielo si mostra rosso infuocato, in modo da dare tutte le apparenze di un lontano incendio. Questo fenomeno è dovuto ad uno squilibrio elettrico nell'atmosfera.

250. **Fata morgana.** — La fata morgana, detta anche miraggio, è una meteora luminosa, rara ne' nostri paesi, frequente nelle regioni calde, specialmente dell'Affrica. Vedesi in lontananza un fiume, un'oasi, dove realmente non c'è; apparisce in cielo capovolto, e talvolta anche diritto, un tempio, un albero od un altro oggetto qualunque, che dopo qualche tempo svanisce.

Sono immagini di oggetti dovute alla riflessione dei raggi luminosi nelle superficie di separazione di masse aeree diversamente calde, e perciò diversamente dense.

251. **Iride.** — Tutti conoscono l'arco baleno, il quale

formasi sempre quando un osservatore trovasi in posizione conveniente tra il sole ed uno spruzzo abbastanza esteso di acqua in piccole gocce moventisi nell'aria sia per pioggia, sia per la cascata di un fiume, sia pel getto di una fontana, ecc. I raggi solari si rifrangono e si decompongono entrando nelle gocce, si riflettono poscia indietro nell'interno della goccia, e si rifrangono e si disperdono una seconda volta uscendo dalla goccia per portare all'occhio la sensazione di alcuno de' colori dello spettro dipendentemente dalla posizione della goccia rispetto al sole ed all'occhio. Alcuni raggi si riflettono due volte nell'interno delle gocce acquee, prima di arrivare all'occhio, e generano l'iride secondaria, esteriore alla primaria e concentrica con essa, coi colori disposti in ordine inverso.

252. **Aloni, parelii e paraseleni.** — Chiamansi aloni i circoli luminosi talvolta colorati, e più o meno estesi, che si osservano di quando in quando intorno al sole ed alla luna. I parelii sono falsi soli circondati di cerchi ed archi luminosi, che talvolta osservansi intorno al sole. I paraseleni sono rispetto alla luna ciò che i parelii rispetto al sole. I parelii e paraseleni sono fenomeni assai rari, e sono generati, come gli aloni, dall'acqua atmosferica condensata in piccolissimi ghiacciuoli svolazzanti nell'aria, e dotati di varie forme, ne' quali la luce viene a riflettersi e a rifrangersi in varie guise.

FINE

INDICE

Ai Maestri ed alle Maestre delle Scuole Elementari. Pag. 3

CAPO I.

Della pneumatica, ossia della parte della fisica che tratta dell'aria e de' gas.

§ 1. *Del modo con cui si possono trattare e studiare i gas.*

I tre stati dei corpi. - Presa d'aria. - Aria imprigionata sott'acqua. - Alcune proprietà dell'aria. - Acqua in bicchiere capovolto. - Travasamento de' gas. - Modo di raccogliere i gas. - Gasometro . . . . *Pag.* 5-12

§ 2. *Del peso dell'aria e de' gas.*

Peso dell'aria. - Peso dei gas . . . . . *Pag.* 12-14

§ 3. *Della pressione dell'aria.*

L'aria preme sui corpi sui quali si appoggia. - Ascensione dell'acqua nel vuoto. - Orrore della natura pel vuoto. - Sperienza di Torricelli. - Pressione di una atmosfera . . . . . *Pag.* 14-18

§ 4. *Dell'elasticità ed espansibilità dell'aria e de' gas.*

Espansibilità de' gas. - Fluidi. Differenza tra gas e liquidi. - Elasticità o pressione de' gas: eguaglianza di pressione. - Pressione dell'aria su tutti i corpi. - Pressione dell'aria sui corpi al livello del mare. - Pressione dell'aria sul corpo umano. - Un effetto dell'eguaglianza di pressione. - Acqua in bicchiere capovolto. - Legge di Boyle e di Mariotte. - Manometri . . . . . *Pag.* 18-23

§ 5. *Del barometro.*

Barometro a vaschetta. - Barometro a sifone. - Barometro a quadrante. - Barometro aneroide o metallico. - Variazioni della pressione. - Variazioni regolari ed

irregolari. - Livellazione barometrica. - Pronostico del tempo. - Altezza e forma dell'atmosfera *Pag.* 23-28

§ 6. *Di alcuni gas.*

Ossigeno. - Idrogeno. - Acido carbonico. - Azoto - Aria atmosferica. - Gas delle paludi. - Gas illuminante. - Fosfuro d'idrogeno gassoso . . . *Pag.* 28-33

§ 7. *Di alcune macchine e sperienze.*

Macchina pneumatica. - Macchina a due cilindri. - Misura della rarefazione dell'aria. - Principali sperienze eseguite colla macchina pneumatica. - Macchina di compressione. - Fucile pneumatico. - Fontana a compressione. - Sifone pel travasamento de' liquidi. - Tromba aspirante. - Tromba aspirante e premente . . . . . *Pag.* 33-39

CAPO II.

Del principio d'Archimede e di alcune sue applicazioni.

Peso specifico. - Principio d'Archimede. - Determinazione del peso specifico de' corpi solidi. - Peso specifico de' liquidi. - Areometri. - Globi aerostatici. - *Pag.* 39-46

CAPO III.

Dell'acustica, ossia della parte della fisica che tratta del suono.

Origine del suono. - Propagazione del suono per mezzo de' corpi solidi, liquidi e gassosi. - Velocità del suono nell'aria. - Applicazioni. - Altezza de' suoni. - Velocità del suono in mezzi qualunque. - Intensità. - Tempera. - Eco, o riflessione del suono . . *Pag.* 46-51

CAPO IV.

Del calore.

§ 1. *Della dilatazione dei corpi e di alcune sue applicazioni.*

Dilatabilità. - Risultati sperimentali intorno alla dilatazione. - Dilatazione dell'acqua. - Forza del calore. *Pag.* 51-55

§ 2. *Del termometro.*

Corpi termometrici. - Termometro a mercurio. - Termometro ad alcool. - Differenti graduazioni. - Altre specie di termometri o termoscopi. - Termometri a massimo ed a minimo . . . . . *Pag.* 55-59

§ 3. *Della misura del calore, e del calore specifico dei corpi.*

Misura del calore. - Calore specifico . . . *Pag.* 59-61

§ 4. *De' cambiamenti di stato de' corpi.*

Passaggio dallo stato solido al liquido. - Soluzione. - Miscugli frigorifici. - Passaggio dallo stato liquido al solido. - Passaggio dallo stato liquido all'aeriforme. - Ebollizione. - Calore latente di elasticità. - Freddo artificiale. - Liquefazione dei vapori . . . *Pag.* 61-66

§ 5. *Della conduttività dei corpi pel calore.*

Facoltà conduttrice dei corpi pel calore. - Modo di determinare la conduttività dei corpi solidi. - Conduttività dei liquidi e dei gas. - Applicazioni *Pag.* 66-70

§ 6. *Della forza elastica dei vapori e della macchina a vapore.*

Tensione dei vapori. - Applicazioni. - Macchina a vapore primitiva. - Condensatore. - Macchina ad alta pressione e a semplice effetto. - Macchina ad alta pressione e a doppio effetto. - Moderatore a forza centrifuga. - Trombe ausiliarie. - Apparecchi di precauzione. - Origine della macchina a vapore. - Navigazione a vapore. - Strade ferrate . . . *Pag.* 71-80

CAPO V.

Del magnetismo.

Calamite naturali ed artificiali. - Poli, linea neutra. - Divisione d'una calamita. - Sua direzione rispetto all' orizzonte. - Denominazione dei poli. - Azione reciproca delle calamite. - Giuoco da ragazzi. - Il globo terracqueo agisce come una calamita. - Induzione magnetica. - Modo di fare calamite artificiali. - Perdita del magnetismo. - Forma più comune delle calamite . . . . . *Pag.* 80-85

CAPO VI.

Dell'elettricità statica.

Corpi idio-elettrici ed anelettrici. - Corpi buoni e cattivi conduttori; isolanti. - Due stati elettrici opposti. - Attrazioni e ripulsioni elettriche. - Perchè i corpi conduttori, attratti da un conduttore elettrizzato, vengono in seguito respinti. - Mezzo per riconoscere la specie di elettricità di cui un corpo è carico. - Induzione elettrostatica. - Elettroscopio, elettrometro. - Elettrometro a pendolo. - Elettrometro a foglie d'oro. - Distribuzione dell'elettricità sulla superficie dei corpi. - Potere delle punte. - Scintilla elettrica. - Uovo elettrico. - Stelletta e fiocchetto. - Fuochi lambenti. - Macchine elettriche. - Macchina elettrica ordinaria. - Elettroforo di Volta. - Arco eccitatore. - Scampanio, ragno e ballo elettrico. - Girandola od arganello elettrico. - Tubi e quadri scintillanti. - Figure di Lichtenberg. - Scabello isolatore. - Condensatore di Cuneus o di Leida. - Batteria elettrica. - Effetti di una batteria elettrica. - Effetti chimici. - Effetti fisici. - Effetti fisiologici . . . . . *Pag.* 86-106

CAPO VII.

Dell'elettricità dinamica.

Origine della pila. - Pila a colonna. - Causa dell'elettricità in essa. - Pila a corona di tazze. - Pila a truogoli. - Pila di Wollaston. - Pile a due liquidi. - Pila di Daniel. - Pila di Grove. - Pila di Bunsen. - Poli, reofori, corrente elettrica. - Direzione della corrente. - Circuito. - Pila in serie e pila in batteria. - Effetti della corrente. - Effetti fisici. - Effetti fisiologici. - Effetti chimici. - Sperienza d'Oersted. - Destra e sinistra della corrente. - Legge. - Modo di determinare la direzione della corrente. - Moltiplicatore. - Galvanometro. - Ago astatico. - Magnetizzazione colla corrente elettrica. - Correnti generate per l'azione delle calamite. - Macchina magneto-elettrica. - Correnti generate per l'azione di altre correnti. - Rocchetto di Ruhmkorff. - Pila termo-elettrica. - Termo-moltiplicatore di Nobili e Melloni. - Pesci elettrici. - Applicazioni dell' elettricità. - Motore elettrico. - Calore elettrico. - Luce elettrica. - Elettro-doratura. - Galvanoplastica. - Applicazioni fisiologiche. - Telegrafi elettrici. - Circuito. - Tele-

grafo ad ago. - Telegrafo a quadrante. - Telegrafo a stampa. - Telegrafo elettro-chimico di Bain. - Telegrafo di Morse; segnali dell'apparato Morse; lettere; cifre; linea di frazione; segnali d'interpunzione ed altri; indicazioni di servizio; intervallo e lunghezza dei segnali. - Corrente di ricambio, o soccorritore (*relais*). - Celerità di trasmissione. *Pag.* 106-143

CAPO VIII.

Della luce.

Ipotesi sulla natura della luce. - Varie qualità di luce. - Distinzione dei corpi rispetto alla luce. - Ombra e penombra. - Passaggio della luce per piccoli fori. - Velocità della luce. - Intensità della luce. - Riflessione della luce . Specchi piani. - Riflessioni molteplici. - Specchi ustorii. - Anamorfosi. - Catacaustiche. - Applicazioni. - Rifrazione. - Effetti della rifrazione. - Angolo d'incidenza e di rifrazione. - Mezzi più o meno rifrangenti. - Riflessione totale. - Passaggio della luce per mezzi a facce parallele e per mezzi a facce inclinate; prisma. - Lente sferica biconvessa. - Camera oscura. - Fotografia. - Dagherrotipo. - Nuovi procedimenti fotografici. - Differente rifrangibilità delle differenti specie di luce. - Decomposizione della luce solare per mezzo del prisma. - Spettro ottenuto colla luce di altre sorgenti. - Ricomposizione della luce - Composizione dei colori; colori complementari. - Spettro dei corpi infiammati. . . . . *Pag.* 143-168

CAPO IX.

Della meteorologia.

Definizione. - Igrometria. - Igrometro di Saussure. - Variazioni nell'umidità atmosferica. - Rugiada e brina. - Nuvole e nebbia. - Pioggia e neve. - Grandine. - Venti e loro denominazioni. - Distinzione dei venti. - Venti alisei. - Monsoni. - Venti terrestre e marino. - Temperature alla superficie terrestre. - Temperatura nelle regioni elevate dell'aria. - Temperatura nell'interno del globo. - Sorgenti termali. - Temperatura nei laghi e nei mari. - Fulmine. - Parafulmine. - Aurora polare. - Fata morgana. - Iride. Aloni, parelii e paraseleni . . . . . *Pag.* 168-179

« d'Hutton, etc., en sont encore affectées. Ainsi, par exemple, la « dernière édition des tables de Lalande, qui porte la date de « 1864 et qui est la plus correcte, contient encore onze erreurs « de chiffres à la page 12, trois à la page 13, trois à la page 14, etc. »

Ecco ancora un brano d'un articolo del giornale l'*Institut*, del 23 febbraio 1869. Dopo aver dato un'analisi dell'Opera, il giornale dice: «....Ajoutons un détail rélatif à la collaboration que l'auteur « a trouvé dans deux de ses élèves, deux sœurs, Mlles Julie et Claire « Nicola, lesquelles, avec une patience plus facile à louer qu'à « imiter, ont calculé toutes les différences logarithmiques et leurs « parties proportionnelles dans la table des logarithmes des nom- « bres et les différences correspondantes à 1″ dans toute l'étendue « des tables trigonométriques. Elles ont aussi soigné la correction « de l'ouvrage tout entier, en confrontant les nombres avec ceux « des tables les plus accréditées que l'on possède. M. Luvini dé- « clare que, sans le concours de ces deux collaboratrices, il n'au- « rait pu exécuter son travail, dont il est juste par conséquent de « reporter sur elles une grande partie du mérite. »

Con quello della stampa periodica concorda l'autorevole giudicio dell'Accademia delle scienze di Torino, la quale, nella relazione fatta al ministro dell'istruzione pubblica sul merito di diversi libri, dopo aver lodato queste tavole di Giovanni Luvini, conchiude:

« Le tavole del professore Luvini e per la mitezza del costo e « per la nitidezza dell'impressione possono tornar utili agli studiosi, « e tener luogo in Italia delle opere di simil genere, che s'impor- « tarono sin qui di Germania e di Francia. » (Adunanza del 27 maggio 1867; *Atti dell'Accademia delle Scienze*, vol. 2°, pag. 495, anno 1866-67).

Eppure, non par vero, vi sono tra noi ancora de' professori, che disconoscendo ciò, che possediamo in paese, preferiscono, anche in questa materia di libri, di rendersi tributari all'estero, consigliando ai loro allievi l'uso di tavole di minor bontà o di maggior costo.

Pubblicazioni Scolastiche

DI GIOVANNI LUVINI

Compendio di Aritmetica *(terza ristampa della sesta edizione stereotipa).* . . . . . L. 1·80

» **di Algebra Elementare** *(seconda ristampa della sesta edizione stereotipa).* . . » 2·00

» **di Geometria** piana e solida e di **Trigonometria** rettilinea e sferica *(quinta edizione).* . . . . . » 3·60

Saggio di un Corso di Fisica elementare. Un volume di 744-VIII pagine, con 384 incisioni in legno ed una bella cromolitografia di cinque spettri . . . . . » 5·60

La Piccola Fisica . . . . . » 1·40

Tavole di Logaritmi a sette decimali *(ediz. ster.).* Un volume di 368-VIII pagine, del formato delle tavole di Lalande e di egual prezzo, ma molto più corretto e con più del doppio di materie. » 3·60

Queste tavole contengono i logaritmi de' numeri fino a 20040 col calcolo delle parti proporzionali; i logaritmi naturali e decimali de' numeri primi minori di 1200 con 20 cifre; i logaritmi delle funzioni trigonometriche di secondo in secondo, di 10 in 10 secondi, di 30 in 30 secondi pe' gradi estremi, e di minuto in minuto pe' gradi intermedi del quadrante; le lunghezze degli archi di circolo per ogni grado, minuto e secondo; le radici quadrate e cubiche dei numeri fino a 625; ed una tavola di varii elementi di frequente uso.

Tables de Logarithmes, etc. Edizione stereotipa francese eguale alla precedente. . . » 4·00

Tables of Logarithms, &c. Edizione stereotipa inglese eguale alle precedenti. . . . . » 4·00

Bellardi e Luvini. — **Primi Elementi di Scienze Fisiche e Naturali** per le scuole tecniche, normali e magistrali maschili e femminili *(È sotto i torchi la seconda edizione).*